

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**  
**SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**“PROPUESTA DE SISTEMA DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE LLENADO DE  
BIDONES CON AGUA PURIFICADA”**

Trabajo de Titulación para optar al Título  
Profesional de Ingeniero de Ejecución en  
CONTROL E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

Alumno:

Jorge Ignacio Martínez Estay

Profesor Guía:

Martín García Gutiérrez

**2023**

## RESUMEN

**KEYWORDS:** PLANTA PURIFICADORA DE AGUA, PLANTA EMBOTELLADORA DE AGUA PURIFICADA, AGUA PURIFICADA, PURIFICACIÓN DE AGUA.

En el presente trabajo de título se propone plantear una alternativa para hacer más eficiente la utilización de los dispositivos existentes, personal, tiempo, y espacio de la planta que actualmente son demasiados escasos y atraen como consecuencias, principalmente problemas económicos. ¿de qué forma?, aplicando los conocimientos y competencias adquiridas en la carrera de Ingeniería de Ejecución en Control Instrumentación Industrial.

Durante el desarrollo del primer capítulo, se realizó una breve descripción de la empresa, y además se identifica la problemática estructural y económica de la planta, debido por la falta de instrumentación y/o control de ella. Debido a esto, es que se le da solución implementando tecnología de última generación industrial y posteriormente se realiza una introducción al proceso de funcionamiento de la planta.

En el segundo capítulo, se realizó una introducción a términos conceptuales importantes, para permitir que el lector comprenda de mejor forma el trabajo de título. Posteriormente, se explica el estado actual de la instrumentación y funcionamiento de la planta, por lo cual, se inicia con nombrar los requerimientos del cliente, y así identificar los dispositivos faltantes en la planta para entregarle al cliente la solución más eficiente, y concluir explicando la configuración con la programación de la instrumentación proyectada.

En el tercer capítulo y último, se realizó la cubicación de materiales y costos asociados a la solución seleccionada, para posteriormente presentar flujos de cajas del proyecto con y sin ayuda bancaria para la proyección y toma de decisiones económicas de la empresa.

## ÍNDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN .....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES Y PROBLEMÁTICA .....</b>   | <b>2</b>  |
| <b>1 ANTECEDENTES GENERALES Y PROBLEMÁTICA.....</b>  | <b>3</b>  |
| 1.1 ANTECEDENTES GENERALES .....   | 3         |
| 1.2 AGUA PURIFICADA MAVI .....   | 3         |
| 1.3 PROBLEMÁTICA.....  | 4         |
| 1.3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....   | 4         |
| 1.3.2 IMPORTANCIA DE RESOLVERLO.....   | 5         |
| 1.3.3 INVOLUCRADOS .....   | 6         |
| 1.4 PROPOSICIÓN DE SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.....  | 6         |
| 1.5 REQUERIMIENTOS DEL DUEÑO .....   | 6         |
| 1.6 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN .....   | 7         |
| 1.1.1 ALTERNATIVA N°1: “AUMENTAR VÁLVULAS DE LLENADO MANUAL” .....                                     | 7         |
| 1.1.2 ALTERNATIVA N°2: “SISTEMA DE CONTROL Y MEJORAMIENTO EN PROCESO DE EMBOTELLAMIENTO DE AGUA” ..... | 7         |
| 1.1.3 ALTERNATIVA N°3: “COMPRAR MÁQUINA EMBOTELLADORA DE AGUA” .....                                   | 8         |
| 1.7 EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN .....   | 8         |
| 1.7.1 ALTERNATIVA SELECCIONADA .....   | 9         |
| 1.7.2 VALOR AGREGADO.....  | 9         |
| 1.8 OBJETIVOS.....   | 9         |
| 1.8.1 OBJETIVO GENERAL.....  | 10        |
| 1.8.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....   | 10        |
| 1.9 PROCESOS PLANTA PURIFICADORA.....  | 10        |
| 1.9.1 PROCESO DE FILTRO.....   | 11        |
| 1.9.1.1 FILTRO LECHO PROFUNDO.....   | 11        |
| 1.9.1.2 FILTRO CARBÓN ACTIVADO .....   | 11        |
| 1.9.1.3 FILTRO SUAVIZADOR .....  | 12        |
| 1.9.2 OZONO .....  | 13        |
| 1.9.3 ÓSMOSIS INVERSA .....  | 13        |
| 1.9.4 FILTRO ULTRAVIOLETA.....   | 14        |
| 1.9.5 FILTRO PULIDOR.....  | 14        |
| <b>CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO .....</b>   | <b>15</b> |
| <b>2 DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO .....</b>   | <b>16</b> |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 2.1      | DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....             | 16 |
| 2.2      | MARCO TEÓRICO .....                        | 17 |
| 2.2.1    | CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE [PLC] ..... | 17 |
| 2.2.2    | INTERFAZ HOMBRE- MÁQUINA [HMI].....        | 17 |
| 2.2.3    | TIA PORTAL V15 .....                       | 17 |
| 2.2.4    | SENSORES.....                              | 18 |
| 2.2.4.1  | VÁLVULAS SOLENOIDE.....                    | 18 |
| 2.2.5    | CAUDALÍMETRO.....                          | 18 |
| 2.2.5.1  | TIPOS DE CAUDALÍMETROS .....               | 18 |
| 2.2.6    | MANÓMETRO .....                            | 19 |
| 2.2.7    | TRANSMISOR DE PRESIÓN .....                | 20 |
| 2.2.8    | BOMBA CENTRÍFUGA.....                      | 20 |
| 2.2.8.1  | VENTAJAS DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS.....    | 21 |
| 2.2.9    | PROTECCIONES ELÉCTRICAS .....              | 21 |
| 2.2.10   | CONTACTOR ELÉCTRICO.....                   | 22 |
| 2.2.11   | DIAGRAMAS P&ID .....                       | 22 |
| 2.3      | DESARROLLO DEL PROYECTO.....               | 24 |
| 2.3.1    | SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA.....         | 24 |
| 2.3.2    | REQUERIMIENTOS TÉCNICOS.....               | 27 |
| 2.3.3    | DISPOSITIVOS FALTANTES.....                | 28 |
| 2.3.3.1  | VÁLVULA SOLENOIDE.....                     | 28 |
| 2.3.3.2  | BOMBA CENTRÍFUGA.....                      | 29 |
| 2.3.3.3  | CONTACTOR .....                            | 30 |
| 2.3.3.4  | RELÉ TÉRMICO.....                          | 31 |
| 2.3.3.5  | AUTOMÁTICO ELÉCTRICO .....                 | 31 |
| 2.3.3.6  | FUENTE DE PODER .....                      | 32 |
| 2.3.3.7  | SENSOR CAPACITIVO Y ULTRASÓNICO.....       | 33 |
| 2.3.3.8  | CAUDALÍMETRO.....                          | 34 |
| 2.3.3.9  | TRANSMISOR DE PRESIÓN .....                | 35 |
| 2.3.3.10 | PLC.....                                   | 36 |
| 2.3.3.11 | MÓDULO ENTRADAS ANALÓGICAS .....           | 38 |
| 2.3.3.12 | MÓDULO SALIDAS DIGITALES .....             | 39 |
| 2.3.3.13 | PANTALLA HMI.....                          | 39 |
| 2.3.3.14 | SELECTOR ELÉCTRICO.....                    | 40 |
| 2.3.3.15 | MODIFICACIÓN DE TABLERO ELÉCTRICO.....     | 40 |

|   |   |           |
|---|---|-----------|
| 2.4   | CONFIGURACION Y PROGRAMACION DEL PLC.....         | 42        |
| 2.4.1   | DIAGRAMA DE FLUJO.....                            | 42        |
| 2.4.1.1   | DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO DE PURIFICACIÓN.....    | 42        |
| 1.1.3.2   | DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO DE LLENADO.....         | 43        |
| 2.4.2   | DIAGRAMA P&ID.....                                | 44        |
| 2.4.2.1   | DIAGRAMA P&ID PROCESO PURIFICACIÓN.....           | 44        |
| 2.4.2.2   | DIAGRAMA P&ID PROCESO LLENADO.....                | 45        |
| 2.4.3   | DIAGRAMA DE CONEXIONES AL PLC.....                | 46        |
| 2.4.4   | UBICACIÓN PROPUESTA DE LOS DISPOSITIVOS.....      | 47        |
| 2.4.5   | PROGRAMACIÓN TIA PORTAL V15. ....                 | 49        |
| 2.4.5.1   | VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA.....                | 49        |
| 2.4.5.2   | BLOQUES DE PROGRAMA.....                          | 50        |
| 2.4.5.2.1   | SEGMENTO 1: LLENADO ESTANQUE AGUA CRUDA.....      | 50        |
| 2.4.5.2.2   | SEGMENTO 2: CONTROL SISTEMA DE PURIFICACIÓN.....  | 51        |
| 2.4.5.2.3   | SEGMENTO 3: LLENADO ESTANQUE AGUA PURIFICADA..... | 55        |
| 2.4.5.2.4   | SEGMENTO 4: CONTROL SISTEMA LLENADO.....          | 56        |
| 2.4.5.2.5   | SEGMENTO 5: MANÓMETROS MA -> BAR.....             | 61        |
| 2.4.5.2.6   | SEGMENTO 6: CAUDALÍMETRO MA -> L/M.....           | 62        |
| 2.4.5.2.7   | SEGMENTO 7: SENSORES DE NIVEL.....                | 62        |
| 2.4.5.2.8   | SEGMENTO 8: STOP DE EMERGENCIA.....               | 63        |
| 2.4.5.2.9   | SEGMENTO 9: CONTADOR USO FILTRO Y SAL.....        | 64        |
| 2.4.5.2.10  | SEGMENTO 10: CONTADOR USO 3 FILTROS.....          | 67        |
| 2.4.5.2.11  | SEGMENTO 11: CONTADOR OSMOSIS Y VÁLVULAS.....     | 68        |
| 2.4.5.2.12  | SEGMENTO 12: PRUEBAS ELÉCTRICAS.....              | 69        |
| 2.4.5.2.13  | SEGMENTO 13: MANTENCIÓN.....                      | 70        |
| 2.4.5.3   | PANTALLA HMI.....                                 | 71        |
| 2.4.5.3.1   | IMAGEN RAÍZ.....                                  | 71        |
| 2.4.5.3.2   | IMAGEN MANTENCIÓN.....                            | 72        |
| 2.4.5.3.3   | IMAGEN PROCESO DE PURIFICACIÓN.....               | 73        |
| 2.4.5.3.4   | IMAGEN PROCESO DE LLENADO.....                    | 75        |
| <b>CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO.....</b> |   | <b>77</b> |
| <b>3</b>  | <b>EVALUACIÓN ECONMICA DEL PROYECTO.....</b>      | <b>78</b> |
| 3.1   | COSTO MATERIALES.....                             | 78        |
| 3.2   | COSTOS DE DISEÑO.....                             | 78        |

|         |  |           |
|---------|--|-----------|
| 3.3     | COSTOS POR MANO DE OBRA .....                          | 79        |
| 3.3.1   | CARTA GANTT .....                                      | 79        |
| 3.4     | COSTO TOTAL.....                                       | 80        |
| 3.5     | INGRESOS Y EGRESOS .....                               | 81        |
| 3.6     | FLUJO DE CAJA .....                                    | 82        |
| 3.6.1   | FLUJO DE CAJA SIN FINANCIAMIENTO BANCARIO.....         | 83        |
| 3.6.2   | FLUJO DE CAJA CON FINANCIAMIENTO BANCARIO.....         | 84        |
| 3.6.2.1 | FLUJO DE CAJA CON FINANCIAMIENTO BANCARIO DEL 25%..... | 85        |
| 3.6.2.2 | FLUJO DE CAJA CON FINANCIAMIENTO BANCARIO DEL 75%..... | 86        |
| 3.6.3   | COMPARACIÓN TIPOS DE FINANCIAMIENTOS .....             | 88        |
| 3.7     | ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....                         | 88        |
|         | <b>CONCLUSIONES.....</b>                               | <b>91</b> |
| 3.8     | BIBLIOGRAFÍA.....                                      | 92        |

### ÍNDICE DE FIGURAS

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Figura 1-1. | Planta de agua purificada en bidones 20 litros.....               | 4  |
| Figura 1-2. | Máquina limpia bidones 20 Litros.....                             | 5  |
| Figura 1-3. | Proceso de purificación agua en embotellada.....                  | 10 |
| Figura 1-4. | Funcionamiento filtro leche profundo.....                         | 11 |
| Figura 1-5. | Funcionamiento filtro carbón activado.....                        | 11 |
| Figura 1-6. | Funcionamiento filtro suavizador.....                             | 12 |
| Figura 1-7. | Proceso de ósmosis inversa.....                                   | 13 |
| Figura 1-8. | Funcionamiento filtro pulidor.....                                | 14 |
| Figura 2-1. | Simbología Diagramas P&ID.....                                    | 23 |
| Figura 2-2. | Diagrama P&ID y Distribución Planta Existente.....                | 24 |
| Figura 2-3. | Estanques de 1400 litros. ....                                    | 24 |
| Figura 2-4. | Placa eléctrica Bomba Centrífuga Estanque Crudo y Purificado..... | 25 |
| Figura 2-5. | Presscontrol Bomba Centrífuga Estanque Crudo y Purificado.....    | 25 |
| Figura 2-6. | Zona de Filtros Proceso de purificación.....                      | 25 |
| Figura 2-7. | Bomba alta presión.....   | 26 |
| Figura 2-8. | Zona de llenado bidones de 20 litros.....                         | 26 |
| Figura 2-9. | Zona de purificación de agua cruda.....                           | 27 |

|  |       |
|--|-------|
| Figura 2-10. Representación gráfica del proceso de llenado de agua purificada.....     | 27    |
| Figura 2-11. Válvula Solenoide.....  | 29    |
| Figura 2-12. Caudal en tuberías en paralelo.....                                       | 29    |
| Figura 2-13. Bomba centrífuga.....   | 30    |
| Figura 2-14. Contactor eléctrico.....  | 31    |
| Figura 2-15. Relé térmico.....   | 31    |
| Figura 2-16. Automático eléctrico.....   | 32    |
| Figura 2-17. Relé térmico.....   | 32    |
| Figura 2-18. Sensor Capacitivo CR18-8DP.....   | 33    |
| Figura 2-19. Transmisor de nivel ultrasónico.....                                      | 34    |
| Figura 2-20. Caudalímetro Análogo.....   | 34    |
| Figura 2-21. Transmisor de presión.....  | 35    |
| Figura 2-22. PLC S7-1200 CPU 1215C Dc/Dc/Relé.....                                     | 36    |
| Figura 2-23. Partes externas del PLC S7-1200.....                                      | 37    |
| Figura 2-24. Modelo de conexión entre PLC-HMI-PC.....                                  | 38    |
| Figura 2-25. Módulo entradas analógicas SM1231 24Vdc.....                              | 38    |
| Figura 2-26. Módulo Digital S7-1200 Sm1222 8Do 24 Vdc.....                             | 39    |
| Figura 2-27. Pantalla HMI Ktp700 Basic 7 Pulgadas.....                                 | 39    |
| Figura 2-28. Armario HMI.....  | 40    |
| Figura 2-29. Selector dos posiciones.....  | 40    |
| Figura 2-30. Estado Tablero Eléctrico.....   | 41    |
| Figura 2-31. Diagrama de flujo proceso purificación.....                               | 43    |
| Figura 2-32. Diagrama de flujo proceso llenado.....                                    | 44    |
| Figura 2-33. Diagrama P&ID proceso purificado.....                                     | 44    |
| Figura 2-34. Diagrama P&ID proceso llenado. ....                                       | 45    |
| Figura 2-35. Diagrama conexión PLC.....  | 47    |
| Figura 2-36. Simbología y Conexión Pantalla HMI.....                                   | 47    |
| Figura 2-37. Ubicación propuesta transmisor de nivel ultrasónico.....                  | 48    |
| Figura 2-38. Ubicación propuesta sensores capacitivo.....                              | 48    |
| Figura 2-39. Planta purificadora diseñada. ....  | 48    |
| Figura 2-40. Variables del PLC.....  | 49-50 |
| Figura 2-41. Valor digitalizado de entradas de voltaje integradas del PLC S7-1200..... | 50    |

|   |       |
|---|-------|
| Figura 2-42. Segmento 1 Llenado estanque agua cruda.....              | 51    |
| Figura 2-43. Segmento 2 Control sistema de purificación lámina 1..... | 52    |
| Figura 2-44. Segmento 2 Control sistema de purificación lámina 2..... | 52    |
| Figura 2-45. Segmento 2 Control sistema de purificación lámina 3..... | 53    |
| Figura 2-46. Segmento 2 Control sistema de purificación lámina 4..... | 54    |
| Figura 2-47. Segmento 3 Llenado Estanque Agua Purificada.....         | 55    |
| Figura 2-48. Segmento 4 Control Sistema llenado lámina 1.....         | 56    |
| Figura 2-49. Segmento 4 Control Sistema llenado lámina 2.....         | 57    |
| Figura 2-50. Segmento 4 Control Sistema llenado lámina 3.....         | 58    |
| Figura 2-51. Segmento 4 Control Sistema llenado lámina 4.....         | 59    |
| Figura 2-52. Segmento 4 Control Sistema llenado lámina 5.....         | 59-60 |
| Figura 2-53. Segmento 4 Control Sistema llenado lámina 6.....         | 61    |
| Figura 2-54. Segmento 5 Conversión señal transmisor de presión.....   | 61    |
| Figura 2-55. Segmento 6 Conversión señal transmisor de caudal. ....   | 62    |
| Figura 2-56. Segmento 7 Conversión señal transmisor de nivel.....     | 63    |
| Figura 2-57. Segmento 8 Stop de emergencia.....                       | 63    |
| Figura 2-58. Creación de contador en tiempo paso 1.....               | 64    |
| Figura 2-59. Creación de contador en tiempo paso 2.....               | 64    |
| Figura 2-60. Creación de contador en tiempo paso 3.....               | 65    |
| Figura 2-61. Segmento 9 Contador Uso Filtro y Sal.....                | 66    |
| Figura 2-62. Segmento 10 Contador Uso 3 Filtros.....                  | 67    |
| Figura 2-63. Segmento 11 Contador Uso Osmosis y válvulas.....         | 68    |
| Figura 2-64. Segmento 12 Contador Uso Osmosis y válvulas.....         | 69    |
| Figura 2-65. Segmento 13 Mantenición. ....                            | 70    |
| Figura 2-66. Imágenes Pantalla HMI.....                               | 71    |
| Figura 2-67. Imágenes principal Pantalla HMI. ....                    | 71    |
| Figura 2-68. Sistema de mantenciones 1, pantalla HMI.....             | 72    |
| Figura 2-69. Sistema de mantenciones 2, pantalla HMI.....             | 73    |
| Figura 2-70. Proceso de purificación 1, pantalla HMI.....             | 73    |
| Figura 2-71. Proceso de purificación 2, pantalla HMI.....             | 74    |
| Figura 2-72. Proceso de llenado 1, pantalla HMI.....                  | 75    |
| Figura 2-73. Proceso de llenado 2, pantalla HMI.....                  | 76    |

|                      |    |
|----------------------|----|
| Figura 3-1. VAN..... | 82 |
|----------------------|----|

### **ÍNDICE DE TABLAS**

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1-1. Escala de calificación de alternativas.....                             | 8  |
| Tabla 1-2. Evaluación de las alternativas.....                                     | 8  |
| Tabla 2-1. Consumos de corrientes equipos/dispositivos en la planta.....           | 41 |
| Tabla 2-2. Cálculo alimentador tablero.....  | 41 |
| Tabla 2-3. Tabla de conexión PLC.....  | 46 |
| Tabla 3-1. Proveedores por componente y/o material.....                            | 78 |
| Tabla 3-2. Costos por diseño del proyecto.....                                     | 79 |
| Tabla 3-3. Costos por mano de obra del proyecto.....                               | 79 |
| Tabla 3-4. Carta Gantt del proyecto.....   | 80 |
| Tabla 3-5. Costo total del proyecto.....   | 81 |
| Tabla 3-6. Valores de ingreso y egresos mensual.....                               | 81 |
| Tabla 3-7. Beneficio obtenido con y sin proyecto.....                              | 83 |
| Tabla 3-8. Flujo de casa sin financiamiento bancario.....                          | 84 |
| Tabla 3-9. Datos de flujo de caja sin financiamiento.....                          | 84 |
| Tabla 3-10. Datos de flujo de caja con 25% de financiamiento.....                  | 85 |
| Tabla 3-11. Flujo de caja con 25% de financiamiento.....                           | 85 |
| Tabla 3-12. Datos de flujo de caja con 25% de financiamiento.....                  | 86 |
| Tabla 3-13. Datos de flujo de caja con 75% de financiamiento.....                  | 86 |
| Tabla 3-14. Flujo de caja con 75% de financiamiento.....                           | 87 |
| Tabla 3-15. Datos de flujo de caja con 75% de financiamiento.....                  | 87 |
| Tabla 3-16. Comparación de tipos de financiamiento.....                            | 88 |
| Tabla 3-17. Resumen valor de productos.....  | 89 |
| Tabla 3-18. Variación de cantidades vendidas de los años desde 1 al 5 en [UF]..... | 89 |
| Tabla 3-19. Resultados de variación del VAN.....                                   | 89 |

### **ÍNDICE DE GRAFICOS**

|  |    |
|--|----|
| Gráfico 3-1. Variación en % del VAN..... | 90 |
|--|----|



## SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

### **A. SIGLA**

|       |  |
|-------|--|
| UV    | : Ultravioleta                           |
| HMI   | : Interfaz Hombre - Máquina              |
| PLC   | : Controlador Lógico Programable         |
| LSL   | : Bajo nivel                             |
| CPU   | : Unidad Central de Procesamiento        |
| P&ID  | : Diagrama de tuberías e instrumentación |
| N.A.O | : Normalmente accesible operador         |
| Vac   | : Voltaje Corriente alterna              |
| Vdc   | : Voltaje Corriente continua             |
| SR    | : Set/Reset                              |
| UTP   | : Par trenzado sin apantallar            |

### **B. SIMBOLOGÍA**

|                    |  |
|--------------------|--|
| kg/cm <sup>2</sup> | : Kilogramos por centímetro cuadrado.            |
| µm                 | : Micrómetro.                                    |
| PSI                | : Libra por pulgada cuadrada.                    |
| G                  | : Gramos.  |
| m                  | : Metros.  |
| cm                 | : Centímetro.                                    |
| mm                 | : Mili-metro.                                    |
| ms                 | : Milisegundo.                                   |
| Hz                 | : Hertz, unidad de medida de frecuencia.         |
| kHz                | : Kilo-hertz.                                    |
| MHz                | : Mega-hertz.                                    |
| GHz                | : Giga-hertz.                                    |
| GB                 | : Gigabyte.                                      |
| kg                 | : Kilogramo.                                     |
| kg/cm              | : Kilogramos por centímetro.                     |
| V                  | : Volt, unidad de medida de Potencial eléctrico. |

A : Amper, unidad de medida de Corriente eléctrica.

m/s : Metros por segundo

mV/V : Milivoltios por voltio

mA : Miliamperios

l/min : Litros por minutos

Mca : Metros columna de agua

HP : Caballos de fuerza

KW : Kilowatts

W : Watt

°C : Grados celsius

Mbps : Megabit por segundo

Gbps : Gigabit por segundo

## INTRODUCCIÓN

El agua es la sustancia más abundante del planeta, y es un líquido vital e indispensable para el sostenimiento y la reproducción de la vida en el planeta. El agua cubre el 70% de la tierra y el cuerpo humano está compuesto en un 60% de agua.

La calidad del agua disminuye a medida que aumentan las presiones demográficas y la mala utilización de los recursos hídricos. La utilización de cloro por parte de las empresas que regulan el suministro de agua potable es de uso habitual ante esta problemática. Sin embargo, el cloro genera diversas consecuencias que son nocivas para el organismo, y es ante esta situación que es sumamente importante que el agua que se consume sea purificada para asegurarnos la calidad de esta y no vernos envueltos en el riesgo de contraer algunas de las enfermedades transmitidas por el agua [Cólera, Fiebre Tifoidea y Salmonella, entre otras], así como contaminantes o sedimentos que no deberían ingerirse.

A pesar de la importancia que representa beber agua diariamente y en cantidades suficientes para cubrir las necesidades de nuestro organismo, disponer de agua pura no es tan sencillo como parece.

Este proyecto consiste en el diseño de un sistema de control semiautomatizado para el llenado de agua purificada en bidones de 20 litros en la planta de agua purificada Mavi, actualmente no cuenta con un sistema de llenado.

Las características que este proyecto debe cumplir son:

- Diseñar un sistema de control que permita agilizar el proceso de embotellado del agua purificada.
- Aprovechar al máximo los recursos materiales, humanos y económicos.
- Facilitar al personal u operador de planta a identificar posibles fallas y poder planificar solicitud de insumos al proveedor, mantenimientos a los equipos, para así cumplir con los altos estándares de calidad que solicita el agua purificada embotellada
- Entregar a los consumidores un producto rápido y efectivo.

**CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES Y PROBLEMÁTICA**

## **1 ANTECEDENTES GENERALES Y PROBLEMÁTICA**

En este capítulo se presentará aspectos relevantes para la comprensión y contextualización del proyecto, la problemática que existe en la planta y la solución que se propone mediante un estudio previo de factibilidad, como también se plantearan los objetivos específicos y general y los procesos de la planta.

### **1.1 ANTECEDENTES GENERALES**

El agua potable actualmente se encuentra afectada en la contaminación, las impurezas que contiene el líquido tan necesario para el ser humano, sin contar las grandes cantidades de cloro que se utiliza para regularizar el suministro, traen como consecuencia no dar seguridad a los consumidores [1], por lo tanto, la población busca otras alternativas de consumo como es el agua purificada.

El consumo de agua embotellada entrega la seguridad al cliente de estar consumiendo un producto de mejor calidad en base a qué parámetros técnicos el cual se buscan eliminar o reducir las impurezas a niveles extremadamente bajos, a diferencia del proceso del agua potable, el agua no se somete a ningún tipo de sustancia química que afecte su potabilidad, pero se elimina todo tipo de impurezas dejando así el agua totalmente pura y con un riesgo menor para la salud, lo cual es una de las mayores causas para la venta y consumo de bidones de agua purificada, actualmente en Chile se encuentre en alza, sumando el mal sabor y olor del agua potable en las distintas regiones del país [2], debido a esto es una importante opción para emprender una planta embotelladora de agua purificada con equipos de excelente calidad y un funcionamiento estructurado y planificado, para así poder cumplir con la alta demanda de los clientes y entregar un producto de excelente calidad.

### **1.2 AGUA PURIFICADA MAVI**

Es una empresa que fue creada en Chile en el año 2015 en Quilpué, la empresa comenzó como repartidora de bidones de 20 litros de agua potable, el producto se adquiría embotellado listo para la entrega. Al obtener gran experiencia en el rubro del agua embotellada el dueño decidió comenzar en el año 2018 a ampliar su negocio con el difícil proceso del embotellamiento de agua purificada, la planta comenzó con un proceso de embotellamiento que era completamente con un sistema manual desde la limpieza de bidones hasta el proceso de venta del producto. Durante la pandemia vivida en Chile la venta de bidones aumento por lo cual

decidido no comprar el agua embotellada si no hacer el proceso completo. Al pasar los años y la importancia de beber agua embotellada para el ser humano a traído como consecuencia realizar mejoras en el sistema de producción. Algunas mejoras las cuales son importantes mencionar son, mejorar la infraestructura de la planta, los artefactos y el equipo de trabajo, entre otras. Actualmente la empresa se encuentra en un excelente momento económico, junto con una alta demanda de productos y una clientela industrial y habitacional.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 2-1. Planta de agua purificada en bidones 20 litros.

### 1.3 PROBLEMÁTICA

Debido a la alta demanda de bidones de agua purificada las instalaciones de la planta embotelladora no están dando abasto, el proceso de llenado al ser manual y solo tener una válvula para embotellar agua purificada trae grandes consecuencias en el funcionamiento de la planta, resultando una producción de embotellamiento de agua purificada no eficiente, esto en consecuencia debido a la gran existencia de pausas por parte del operador, a su vez no se tiene un control del funcionamiento de la planta ni del uso de los equipos y componentes, esto agilizaría la programación de las mantenciones y evitaría los tiempos muertos y altos costos.

#### 1.3.1 Descripción del problema

La planta actualmente está produciendo aproximadamente 150 bidones de 20 litros de agua purificada en un tiempo aproximado de 7 horas, para ello desde el proceso de almacenar el agua en los estanques para purificar el proceso de limpieza, llenado y sellado de los bidones, como solución a comienzo del año 2022 se implementó una máquina de lavado de bidones interna y

externa de alta gama. El equipo que se encuentra en la planta es de 5 personas las cuales son 2 operadores, 2 repartidores y 1 encargada en ventas y marketing.

Sin embargo, no se están aprovechando todos los recursos para que la empresa ascienda, debido a que como se menciona anteriormente se trabaja de forma manual el proceso de embotellado, este requiere de mayor cantidad de tiempo y esfuerzo del personal.

A pesar de la implementación de máquinas de última generación aún la empresa no cuenta con un sistema efectivo en los procesos que permita aprovechar esta tecnología y así poder aumentar la producción. Un factor importante el cual es una de las causantes de la baja en la producción es la ineficiencia para planificar mantenimientos a la planta debido a que no se tiene un control de funcionamiento de las válvulas y equipos, a su vez tampoco contienen control en los equipos que permitiría poder planificar el proceso de solicitud de insumos y mantenimientos correctivos.



Fuente: <https://www.pinterest.cl/pin/674414112930802019/>

Figura 2-2. Máquina limpia bidones 20 Litros.

### 1.3.2 Importancia de resolverlo

Resolver los problemas encontrados en la planta generará importantes beneficios para la empresa, tales como tener un mayor aumento en la productividad de la planta, definir un estándar de llenado de bidones, un incremento en el control en los equipos de la planta, y poder planificar anticipadamente los trabajos de mantenimiento, de tal manera de no provocar problemas en la producción y así poder estar preparado con los materiales necesarios con anticipación. En el caso de no tener stock planificar las compras, programar la gestión de compra de insumos, disminuir tiempos muertos en la producción, cansancio físico en los trabajadores, costos de no calidad y tiempos por mantenimientos correctivos, los cuales son inesperados y siempre de mayor gravedad.

En resumen, todos los beneficios nombrados anteriormente se enfocan en disminuir costos económicos generados por herramientas, materiales, pérdidas de producción, entre otros factores, si se resuelven permitiría a la empresa desviar estos recursos e invertir en nuevos proyectos.

### 1.3.3 Involucrados

Las problemáticas afectan directamente a toda la empresa, desde el trabajador debido a que no puede desarrollar los trabajos de mejor forma debido a que debe hacer un esfuerzo físico mayor y esto afecta directamente a la producción junto a que el proceso de llenado a los bidones de 20 litros es de forma individual y que no se tiene un control del tiempo de funcionamiento de las válvulas, bombas, estanques, filtros, etc.

Al no poder aumentar la producción, al realizar gastos por costos de no calidad, entre otros, afecta directa e indirectamente a la economía de la empresa lo cual no permite invertir en mejoras de la planta. Realizando un resumen la persona afectada es Dueño de la empresa debido a que él es el encargado de mantener un control de planta y de los ingresos.

## 1.4 PROPOSICIÓN DE SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

Para poder seguir creciendo como empresa, mejorando la planta y sus procesos se plantea implementar una solución que permita generar mejoras en los procesos que traen como gran beneficiario el aumento de la producción de embotellamiento de agua purificada, aprovechando en lo posible todo el espacio físico, recursos materiales, personal y tiempo. De esta manera se puede invertir en otras áreas los gastos y pérdidas que actualmente se están gastando en la planta y/o empresa.

## 1.5 REQUERIMIENTOS DEL DUEÑO

Los requerimientos que se solicitó el dueño de Agua Purificada Mavi fueron mediante post conversaciones con los trabajadores y solicito solucionar los siguientes puntos de manera urgente en la planta:

- Se necesita mantener un control del uso de las máquinas y materiales instalados en la planta para poder planificar mantenciones preventivas y/o mantenciones correctivas.

- Se necesita monitorear el caudal las tuberías y contenido del estanque para prevenir fallas y pérdidas de producción.
- Se necesita mejorar el proceso o estación de embotellado de agua purificada y mantener un estándar de nivel de llenado de los bidones.
- Incrementar la producción de bidones de 150 unidades al día [7 horas] a 300 bidones al día [7 horas].

## 1.6 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Para resolver las grandes problemáticas nombradas anteriormente y que traen consecuencias negativas para la empresa se plantearon tres distintas soluciones, las cuales deberán ser evaluados según distintos tipos de criterios pertinentes para la cual identificar que soluciones es más viable aplicar en la planta ya sea a nivel económicamente y técnico.

### 1.1.1 Alternativa N°1: “Aumentar válvulas de llenado manual”

La primera alternativa de solución que se tiene ante las problemáticas planteadas y es agregar dos válvulas de llenado manual como la que se encuentra actualmente en la planta y seguir utilizando la experiencia para prevenir eventos y manteniendo la baja producción de la planta ante los grandes esfuerzos de los operadores, es decir, seguir esperando una bajada de presión para solicitar insumos, seguir esperando un tiempo en días hábiles para hacer una mantención preventivas y correctiva, seguir ralentizando la producción en el proceso de llenado de bidones, seguir aumentando gastos evitables, seguir perdiendo y desaprovechando la gran tecnología que existe en el área.

### 1.1.2 Alternativa N°2: “Sistema de control y mejoramiento en proceso de embotellamiento de agua”

La segunda alternativa que se presenta, es implementar un proceso semiautomatizado de llenado a los bidones que permita embotellar 3 bidones de forma continua, así poder estandarizar el nivel de agua en los bidones, elevar el mesón de trabajo para así poder complementar y/o conectar los procesos existentes de lavado y sellado, esto junto a un control de los equipos e insumos del proceso de embotellamiento de agua purificada que permita coordinar mantenciones preventivas, correctivas y compras de insumos e implementar un

sistema de monitoreo de la presión y caudal en las tuberías y contenido en el estanque para realizar proceso de purificación de agua.

### 1.1.3 Alternativa N°3: “Comprar máquina embotelladora de agua”

La tercera alternativa es eliminar el sistema de embotellamiento de agua purificada que existe actualmente y realizar una compra de mayor inversión y riesgo que la alternativa 2, la cual sería, comprar una máquina embotelladora de agua que cumpla con los requerimientos solicitados por el cliente.

La gran ventaja de esta alternativa es que al ser un producto que se compara, viene de fábrica un manual y el tiempo que estará detenida la planta es menor que la alternativa 2, lo negativo es el riesgo y costo de transporte y que la planta se adapte correctamente al espacio disponible en la planta y por último que funcione de inmediato, de lo contrario se necesitará la visita del técnico de la empresa distribuidora para revisar y por último aún seguirán los problemas por el no control del contenido de los estanques y equipos a utilizar en la planta.

## 1.7 EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

A partir de las alternativas de solución entregadas anteriormente, se realizará un estudio en base a diferentes criterios como por ejemplo Innovación, beneficio, factibilidad y costo que permiten identificar cuáles son las más factibles de aplicar, las formulaciones de propuestas previstas para este proyecto son descritas en la Tabla 1-1 basada en una escala de competencias.

Tabla 2-1. Escala de calificación de alternativas.

| <b>Muy deficiente</b> | <b>Deficiente</b> | <b>Aceptable</b> | <b>Bueno</b> | <b>Optimo</b> |
|-----------------------|-------------------|------------------|--------------|---------------|
| 1                     | 2                 | 3                | 4            | 5             |

Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto.

En la tabla 1-2 se observan los resultados de la evaluación de los criterios de cada alternativa en conjunto con la puntuación final que llevará a tomar la decisión y el camino a seguir.

Tabla 2-2. Evaluación de las alternativas.

| Características  | Alternativa N°1: "Aumentar válvulas de llenado manual" | Alternativa N°2: "Sistema de control semiautomático y mejoramiento del proceso de purificación" | Alternativa N°3: "Comprar máquina embotelladora de agua" |
|------------------|--|---|--|
| Innovación       | 2  | 5   | 1  |
| Beneficio        | 2  | 5   | 4  |
| Factibilidad     | 3  | 5   | 3  |
| Costo            | 5  | 4   | 2  |
| Puntuación total | 12   | 19  | 10   |

Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto.

### 1.7.1 Alternativa seleccionada

A partir de la puntuación final obtenida de la evaluación de alternativas, la alternativa que mejor cumple con los requerimientos para dar solución a los problemas de predicción de eventos es el número dos, resulta ser la opción más viable según beneficio y factibilidad al igual que la alternativa 3, la diferencia es la innovación y costo debido a que, si bien soluciona algunos problemas la alternativa 3, el costo total es alto y riesgoso y quedarían requerimientos del cliente que no se cumplirían.

### 1.7.2 Valor agregado

Este proyecto se diferencia de los demás, ya que es un producto que el tiempo de implementación resulta ser óptimo y no sólo cuenta con un sistema semiautomatizado como son las llenadoras que se encuentran en el comercio, también cuenta con sistema de control en una pantalla HMI el cual mejoraría el monitoreo de los equipos, control de las válvulas e insumos y control del funcionamiento de la planta.

## 1.8 OBJETIVOS

En esta sección se describen los objetivos generales y específicos que se deben alcanzar durante el desarrollo de este proyecto, para demostrar la factibilidad de aplicación de un modelo de aprendizaje automático en un sistema industrial.

### 1.8.1 Objetivo general

Diseñar un sistema semiautomatizado para el proceso de embotellamiento de agua purificada y un control de la planta.

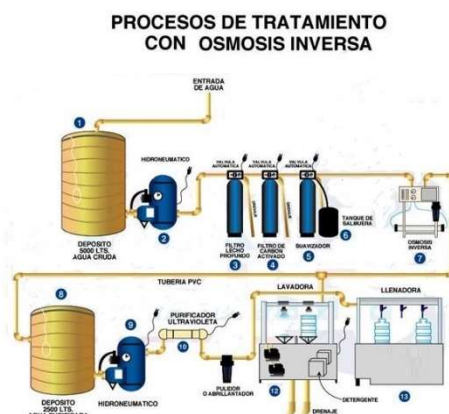
### 1.8.2 Objetivos específicos

Para cumplir la meta impuesta en el objetivo general, se deben cumplir los siguientes objetivos específicos:

- Describir el proceso de funcionamiento de la planta y sus equipos.
- Diseñar un sistema semiautomatizado con la instrumentación necesaria para reemplazar el proceso manual de embotellamiento de agua.
- Diseñar una interfaz Hombre-Máquina [HMI] para el control de proceso de llenado de bidones y programación de mantenciones.
- Evaluar económicamente el proyecto.

## 1.9 PROCESOS PLANTA PURIFICADORA

Con el fin de reforzar y conservar la calidad del agua hasta la entrega del producto al cliente, el agua se debe someter a diferentes tipos de tratamientos por medio de distintos métodos de purificación las cuales se muestran en la siguiente figura.



Fuente: <https://www.aguaamerica.cl/agua-purificada/>

Figura 2-3. Proceso de purificación agua en embotellada.

Antes de comenzar a informar sobre los procesos de la planta purificadora es importante comentar que a ambos estanques de acero inoxidable de 10 mil litros se les hará un chequeo cada

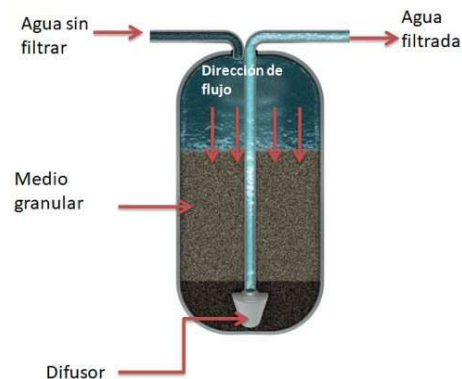
2 meses junto a las bombas hidroneumáticas con el fin de coordinar mantenencias preventivas y correctivas.

### 1.9.1 Proceso de filtro

Este es el primero proceso que se le hace al agua cruda proveniente desde la red pública, la cual se almacena en estanque de 1400 litros, el agua cruda es extraída con bomba centrífuga para pasar por el primer filtro el cual es el siguiente.

#### 1.9.1.1 Filtro Lecho Profundo

Los sistemas de filtros de agua multimedia o lecho profundo se utilizan para eliminar la materia suspendida, así como las partículas flotantes y hundibles. El agua fluye verticalmente a través de un fino lecho de arena y / o grava. Los sistemas de filtración de agua multimedia utilizan cuatro capas de medios para la filtración de medios múltiples. Estas capas contienen: garnet, antracita, arena y grava. Su utilidad reside en las diferencias de densidad entre estas capas de medios. Las partículas se eliminan mediante absorción o encapsulación física. Los filtros tienen una duración aproximada de 6 meses, depende netamente de la calidad del agua, pero en general cada 6 meses se realizan la mantención,



Fuente: <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/filtracion-de-agua-liquidos/filtros-de-lecho-profundo/>

Figura 2-4. Funcionamiento filtro lecho profundo.

#### 1.9.1.2 Filtro Carbón Activado

Un filtro de carbón activado emplea gránulos de carbón para bloquear contaminantes atrapándolos mediante la "adsorción". Este último es un proceso mediante el cual los líquidos y gases son atraídos por otros líquidos o sólidos. Normalmente, los filtros de carbón pueden lavarse

y volver a utilizarse cuando ya no absorben el vapor de los utensilios. En circunstancias normales, los filtros deben lavarse cada 6 meses o, si se realiza un uso intensivo, más frecuentemente.



Fuente: <https://www.aquaprof.es/info/osmosis/mantenimiento/filtros/carbon-activado/>

Figura 2-5. Funcionamiento filtro carbón activado

### 1.9.1.3 Filtro suavizador

Un suavizador de agua o ablandador, es un sistema que hace pasar el agua dura [es la que tiene un alto contenido de minerales de calcio y magnesio] a través de una cama de resinas de intercambio iónico, y como resultado a la salida, se obtiene agua con bajo contenido de dureza. Revisar el estado del suavizador y monitorear dureza, al menos una vez a la semana. El equipo deberá tener al menos 20 psi o 1.4 [kg/cm<sup>2</sup>] de presión, durante todo el ciclo de regeneración. Evitar que el tanque de salmuera se quede sin sal para evitar la sobresaturación de la resina. La sal se agrega a un depósito o tanque alternativo al recipiente que contiene la resina de intercambio iónico, llamado tanque de salmuera. Cuanto más a menudo el suavizador se regenera, más frecuentemente va a necesitar de sal. Cada 15 días se debe reponer la sal. Cada 6 meses se realiza mantención al filtro.



Fuente: <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/suavizadores-y-desmineralizadores/suavizacion-de-agua-dura/>

Figura 2-6. Funcionamiento filtro suavizador

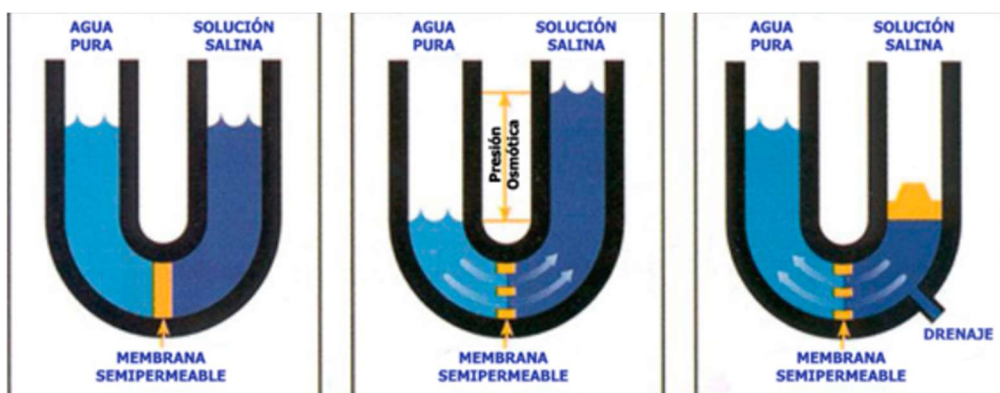
### 1.9.2 Ozono

Estos aparatos desinfectan cualquier ambiente donde sean colocados a la vez que eliminan los malos olores, siendo su utilización completamente segura ya que al ser el ozono un gas muy inestable, no llega jamás a acumularse además de que su producción está regulada, siempre que se compran los que se encuentran bajo la normativa europea.

El ozono para agua no requiere de muchos cuidados, son equipos muy resistentes y de fácil uso. Como usuario es necesario realizar su limpieza externa con paños para eliminar el polvo acumulado por el mismo uso. Cada 6 meses realizar su mantenimiento preventivo y cambio de filtros.

### 1.9.3 Ósmosis inversa

Es uno de los métodos más económicos y trata de eliminar en un 99% las impurezas y contaminantes que se encuentran en el agua, la purificación de agua por este método consiste en ejercer una presión externa en uno de los lados de la membrana con mayor concentración para revertir el flujo osmótico natural, dando lugar a que las impurezas se depositen en la membrana, esta impide el paso de bacterias, pirógenos y sólidos orgánicos. La ósmosis inversa utiliza presiones que pueden oscilar entre 40 a 140 bares como se muestra en la Figura 1.3, además que su membrana está hecha de poros menores a  $0,002 \mu\text{m}$ . Ósmosis se llama a la fuerza que hace que el agua pura fluya desde una solución diluida a otra concentrada, hasta igualar ambas soluciones dentro en ambos lados de la membrana. En función de la calidad del agua a tratar, el tiempo de vida útil de las membranas de ósmosis inversa está entre 5 y 8 años. Los filtros tienen una duración máxima de un año de caducidad. Este mantenimiento es el que se realiza de forma más periódica, cada 12 meses.



Fuente: <https://planta-purificadora-de-agua.com/osmosis-inversa.html>

Figura 2-7. Proceso de ósmosis inversa

#### 1.9.4 Filtro Ultravioleta

La radiación UV proporciona una inactivación rápida y eficiente de los microorganismos mediante un proceso físico. Cuando las bacterias, los virus y los protozoos se exponen a las longitudes de onda germicidas de la luz UV, se vuelven incapaces de reproducirse e infectar. Se ha demostrado que la luz UV es eficaz frente a microorganismos.

Normalmente se recomienda reemplazar las bombillas cada año, pero es probable que, si se mantienen prendidas las 24 horas, esto resulta en una vida de aproximadamente 12 meses.

#### 1.9.5 Filtro Pulidor

Este filtro tiene la función de retener las impurezas de hasta 5 micras y se le llama pulidor debido a que tiene similitudes con el filtro de carbón. Su objetivo dentro del proceso de filtrado del agua es mejorar su claridad y su sabor, se obtiene un agua totalmente cristalina. Al igual que la mayoría del filtro se les debe hacer una mantención preventiva cada 15 días a no ser que el proveedor indique algo diferente.



Fuente: <https://www.carbotecnia.info/producto/cartuchos-polyspun-25x20/>

Figura 2-8. Funcionamiento filtro pulidor

**CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO**

## **2 DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO**

En este capítulo se presentará la descripción del proyecto, aspectos relevantes para la comprensión y contextualización del proyecto, los elementos, dispositivos y programaciones que se utilizarán en el proyecto.

### **2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

Acorde a los objetivos planteados en el capítulo I, a continuación, se procederá a realizar la descripción del proceso, a fin de establecer el contexto sobre la cual se requiere el sistema semiautomatizado.

- a) El o los trabajadores deberán posicionar los bidones en las respectivas zonas de llenado previamente ya lavados interna y externamente y pegado de logo.
- b) El proceso semiautomatizado se inicia a través de un pulsador de marcha que se encontrara en la pantalla HMI, previas condiciones de activación de los sensores que detecta la presencia de bidones, activación del sensor LSL [bajo nivel agua purificada], el caudal que se encuentre en las válvulas siempre debe ser 40 [l/m, trabajar a una presión de 3 bares y las mantenciones de la planta se encuentren al día y no se estén ejecutando. Siempre y cuando las condiciones indicadas estén activadas accionaran automáticamente las válvulas, para dar inicio al llenado de los bidones. Es importante señalar que el proceso inicia considerando que el tanque está en su capacidad máxima.
- c) Al pasar el tiempo de llenado que se seleccionará [30 segundos] previos estudios y pruebas, inmediatamente se apagará la bomba y las válvulas volverán a su estado inicial [Normalmente cerrada] y así se concluirá el proceso de llenado y se dará paso para el proceso de tapado y sellado.
- d) Terminado el proceso de llenado se procederá a tapar el bidón con la herramienta instalada en la planta y se sellará para estar listo para su venta y/o distribución hacia el cliente.

## 2.2 MARCO TEÓRICO

En esta sección se presentarán algunos conceptos, elementos y software que se utilizarán para el desarrollo de la solución, tanto como programación como la simulación.

### 2.2.1 Controlador Lógico Programable [PLC]

El PLC [Control Lógico Programable] se trata de una computadora que tiene como objetivo principal la automatización de procesos en una línea de producción, por lo que está a cargo del control de los sistemas de las máquinas.

Un programa de PLC se instala normalmente en un ordenador y luego se descarga al controlador. Ladder Logic es el lenguaje de programación tradicional, este imita diagramas de circuito en escalera de lógica leídos de izquierda a derecha, cada peldaño representa una acción específica controlada por el, partiendo de una entrada o serie de entradas [contactos] que dan como resultado una salida [bobina]. Debido a su naturaleza visual, Ladder Logic puede ser más fácil de implementar que muchos otros lenguajes de programación.

Es un equipo comúnmente utilizado por aquellas industrias que buscan dar un salto significativo en la automatización de todos sus procesos. Estos dispositivos se encuentran inmersos en la vida de la sociedad de distintas formas y maneras.

### 2.2.2 Interfaz hombre- máquina [HMI]

La interfaz hombre – máquina HMI es el acrónimo de [Human Machine Interface] y se lo denomina interfaz Humano Máquina. Es el grupo de elementos ya sean estos mecánicos o electrónicos que permiten controlar un proceso mediante la activación de estos.

### 2.2.3 TIA Portal V15

TIA o Totally Integrated Automation es el sistema de ingeniería que permite configurar todos los procesos de planificación y producción. TIA Portal integra diferentes productos SIMATIC en una aplicación de software que le permite aumentar la productividad y la eficiencia del proceso. Dentro del TIA Portal, los productos TIA interactúan entre sí, ofreciéndole soporte en todas las áreas implicadas en la creación de una solución de automatización. Este es el software que se utilizará para realizar la programación, con la finalidad de controlar el proceso de llenado de estanque y diseñar la interfaz HMI.

## 2.2.4 Sensores

Es un dispositivo diseñado para captar un estímulo de su entorno y traducir esa información que recibe. Esa información recibida es normalmente convertida a un impulso eléctrico que posteriormente es procesado por una serie de circuitos que generan una acción predeterminada en un aparato, sistema o máquina. Es un artefacto que en algunas aplicaciones transforma una clase de información en otra que se quiere medir o controlar.

### 2.2.4.1 Válvulas solenoide

La válvula de solenoide es un dispositivo operado eléctricamente, y es utilizado para controlar el flujo de líquidos o gases en posición completamente abierta o cerrada. A diferencia de las válvulas motorizadas, las cuales son diseñadas para operar en posición moduladora, la válvula de solenoide no regula el flujo, aunque puede estar siempre completamente abierta o cerrada. La válvula de solenoide puede usarse para controlar el flujo de muchos fluidos diferentes, dándole la debida consideración a las presiones y temperaturas involucradas, la viscosidad del fluido y la adaptabilidad de los materiales usados en la construcción de la válvula.

## 2.2.5 Caudalímetro

Un caudalímetro es un instrumento de medida para la medición de caudal o gasto volumétrico de un fluido o para la medición del gasto másico y suele colocarse en línea con la tubería que transporta el fluido.

Dentro de los contadores de agua, se distinguen entre contadores mecánicos y no mecánicos. En estos últimos, la velocidad del agua se deduce mediante otros procedimientos que no tienen que ver con el impacto del agua sobre un elemento móvil y en los siempre intervienen equipos electrónicos que convierten una señal electromagnética, ultrasonidos, etc, en señal de caudal.

### 2.2.5.1 Tipos de caudalímetros

Se distinguen varios tipos de caudalímetros de agua en función de qué tipo de señal conviertan en señal de caudal.

- Caudalímetro de Ultrasonidos: resulta la solución más económica para grandes diámetros hasta 8000 [mm]. Se subdividen en:
  - +De tiempo de tránsito: utiliza la variación de la velocidad absoluta de propagación del sonido en el agua.
  - +De efecto Doppler: su principio de funcionamiento aprovecha la variación que experimenta la frecuencia de un haz de sonido entre la emisión y recepción después de que dicho haz haya sido reflejado por un elemento con cierta velocidad relativa respecto a los puntos de emisión y recepción.
  
- Caudalímetro Electromagnéticos: su principio de funcionamiento se basa en la inducción de una tensión entre los extremos de un conductor que atraviese un campo magnético. Esta tensión es proporcional a la velocidad, a la longitud del conductor y a la intensidad del campo magnético. El agua actúa de conductor entre los dos electrodos.
  
- Caudalímetro de inserción: se conectan a través de una toma en una tubería para estimar la velocidad local del fluido y, a partir de esta, obtener una aproximación del caudal circulante. Existen tres tipos según su funcionamiento:
  - +Sondas electromagnéticas: obtiene la velocidad local del fluido en las proximidades de la sonda.
  - +Sondas de turbina: determina la velocidad local del fluido a partir de la velocidad de rotación de una turbina.
  - +Sondas de presión diferencial: estima el caudal circulante en una sección de la conducción como diferencia entre la presión entre dos puntos.

### 2.2.6 Manómetro

Un manómetro de presión es un indicador analógico utilizado para medir la presión de un gas o líquido, como agua, aceite o aire. A diferencia de los transductores de presión tradicionales, estos son dispositivos analógicos con un dial circular y un puntero accionado mecánicamente que han estado en uso durante décadas.

En muchas aplicaciones modernas el manómetro analógico está siendo sustituidos por manómetros digitales con una pantalla digital y características adicionales, tales como incorporación de alarmas y analógica, digital o retransmisión inalámbrica del valor indicado.

Los manómetros digitales de presión se fabrican a menudo en un soporte de alojamiento de proceso que es similar en tamaño y forma a los manómetros analógicos tradicionales, haciéndolos intercambiables.

### 2.2.7 Transmisor de presión

Un transductor o transmisor de presión es un sensor o aparato que convierte la presión en una señal eléctrica. Esta señal eléctrica puede ser una tensión o corriente [una señal analógica proporcional a la presión], digital, e incluso una compuesta. Es decir, puede ser tanto analógica como digital, donde la digital es una modulación añadida sobre la analógica. La transformación producida en un transductor de presión se consigue típicamente mediante la tensión física de un extensómetro depositado sobre un diafragma en contacto con el fluido de presión. La presión aplicada al transmisor produce una tensión mecánica en el diafragma que genera una tensión eléctrica a través del extensómetro. Esta tensión mecánica va a provocar un cambio de la resistencia eléctrica proporcional a la presión. Estos transductores son muy utilizados en instalaciones industriales.

Otros tipos de transmisores pueden generar una señal de frecuencia modulada. Esto es debido a la presión aplicada a un cristal de cuarzo o a un cilindro metálico. También puede producirse por un cambio de la capacitación de un condensador, donde el diafragma en contacto con la presión forma parte dicho condensador. Los transmisores de presión más comunes tienen tres tipos de salidas eléctricas: mV/V, voltios y 4-20 mA.

### 2.2.8 Bomba centrífuga

Las bombas centrífugas son un tipo de bomba hidráulica que transforma energía mecánica en energía cinética de presión a un fluido. Las bombas centrífugas aumentan la velocidad de los fluidos para que estos puedan desplazarse grandes distancias. La bomba centrífuga, debido a sus características, conforman la clase de bombas hidráulicas de más aplicación dentro de la industria ya que son las más utilizadas para bombear líquidos en general y permiten movilizar grandes cantidades de agua.

Hay muchos sectores industriales que necesitan usar bombas centrífugas en sus procesos mecánicos. Algunos de los sectores que más utilizan bombas centrífugas son la industria

química, el sector de la automoción, la industria cosmética para el desarrollo de cremas o la industria alimentaria para la elaboración de todo tipo productos alimenticios.

Para hacer funcionar una bomba centrífuga existen los siguientes pasos: primero, el fluido entra por el centro del rodete o impulsor de la máquina. Éste dispone de una paleta curva, denominada álabe, que sirve para conducir el fluido. Después, debido a la fuerza centrífuga que produce la bomba, el fluido es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa o cuerpo de la bomba. Finalmente, gracias a la estructura de la maquinaria, el fluido es conducido hacia las tuberías de salida o hacia el siguiente rodete.

#### 2.2.8.1 Ventajas de las bombas centrífugas

Algunas ventajas de estas bombas centrífugas son:

- No tienen órganos articulados y los mecanismos de acoplamiento son muy sencillos.
- Para una operación definida, el gasto es constante y no se requiere dispositivo regulador.
- Se adaptan con facilidad a muchas circunstancias.
- El peso es muy pequeño y dimensiones reducidas.
- El mantenimiento y pieza de recambio reducidos.
- Coste ajustado.
- La incorporación de variadores de velocidad permite mayor eficiencia.
- Los sistemas de bombeo completos son suministrados según las necesidades.

#### 2.2.9 Protecciones eléctricas

Los tipos de sistemas de protección eléctrica se utilizan en las empresas para proteger al personal y evitar daños en sus instalaciones o equipos.

Los tipos sistemas de protección eléctrica que podemos encontrar en una casa, empresa o negocio desempeñan un papel muy importante, pues brindan seguridad a las personas y además protegen equipos e infraestructura cuando se encuentran cerca de una instalación eléctrica vulnerable o de alto riesgo.

- Relé térmico: Se trata de un dispositivo electromecánico, diseñado para proteger a los motores eléctricos. Es el encargado de dar durabilidad a los motores industriales, cuidando a estos últimos de sobrecargas o calentamientos. Si bien existen diversos

aparatos, todos cumplen idéntica función, al ser pensados para prolongar la vida útil de los motores. Están compuestos por una lámina bimetálica, con diferentes coeficientes de dilatación. Cuando tenemos una sobrecarga en un motor se traduce en un aumento significativo de la intensidad que consume, sobreintensidad que puede exceder los límites de lo que el motor puede soportar y quemarse, para evitar daños en el motor o bomba se utiliza el relé térmico.

- Automático eléctrico: Un disyuntor es un interruptor automático que corta el paso de corriente eléctrica si se cumplen determinadas condiciones. Sirve para proteger a las personas y a los dispositivos eléctricos. En contraposición a los fusibles, que son de un solo uso, un disyuntor o breaker eléctrico se puede rearmar siempre que las causas que lo activaron se hayan resuelto. Este dispositivo, más conocido como interruptor magnetotérmico, es el encargado de cortar el paso de la corriente cuando supera un determinado umbral. Protegen al resto de la instalación y los equipos que tenemos conectados de posible sobrecargas y cortocircuitos.

-

#### 2.2.10 Contactor eléctrico

El Contactor es un dispositivo eléctrico que puede cerrar o abrir circuitos en carga o en vacío en los que intervengan cargas de intensidad que pudieran producir algún efecto perjudicial para quien lo accione como por ejemplo en maniobras de apertura y cierre de instalaciones de motores.

Los contactores son dispositivos de conmutación eléctricos, similares a un relé. Los contactores pueden manejar niveles de corriente mucho más altos que los relés estándar, lo que los hace útiles para aplicaciones de equipos móviles. El contactor funciona aplicando un voltaje a la bobina, esto crea un campo magnético que mueve los contactos a la posición cerrada y completa el circuito. Una vez que se elimina el voltaje de la bobina, los contactos se abrirán nuevamente y desconectarán el circuito. La gran superficie de contacto y la gran cantidad de presión de contacto permiten que el contactor maneje las corrientes de entrada más altas que se ven típicamente en los mercados de equipos móviles.

#### 2.2.11 Diagramas P&ID

Los Diagramas P&IDs pueden parecer misteriosos, pero no tienen que seguir siéndolo. Con este completo recurso, aprende el qué, el porqué y el cómo de todo lo relacionado con los

Diagramas de Instrumentación y Tuberías [P&ID, por sus siglas en inglés] y se encuentran estandarizados por la norma ISA 5.1 a 5.5.

Un diagrama de instrumentación y tuberías o P&ID muestra las tuberías y los componentes relacionados del flujo de un proceso físico. Se utiliza más comúnmente en el campo de la ingeniería.

Los P&IDs son fundamentales para el mantenimiento y modificación del proceso que representan gráficamente. En la etapa de diseño, el diagrama también ofrece la base para el desarrollo de esquemas de control del sistema, como el Análisis de Riesgos y Operabilidad.

En el caso de las instalaciones de procesamiento, se trata de una representación gráfica de:

- Los detalles clave de la instrumentación y tuberías
- Los esquemas de control y apagado
- Los requisitos de seguridad y normativa
- La información básica de arranque y operación

Los P&IDs son una ilustración esquemática de la relación funcional de las tuberías, la instrumentación y los componentes de equipo del sistema usados en el campo de la instrumentación y control o de la automatización. Generalmente son creados por ingenieros que están diseñando un proceso de producción para una planta física.

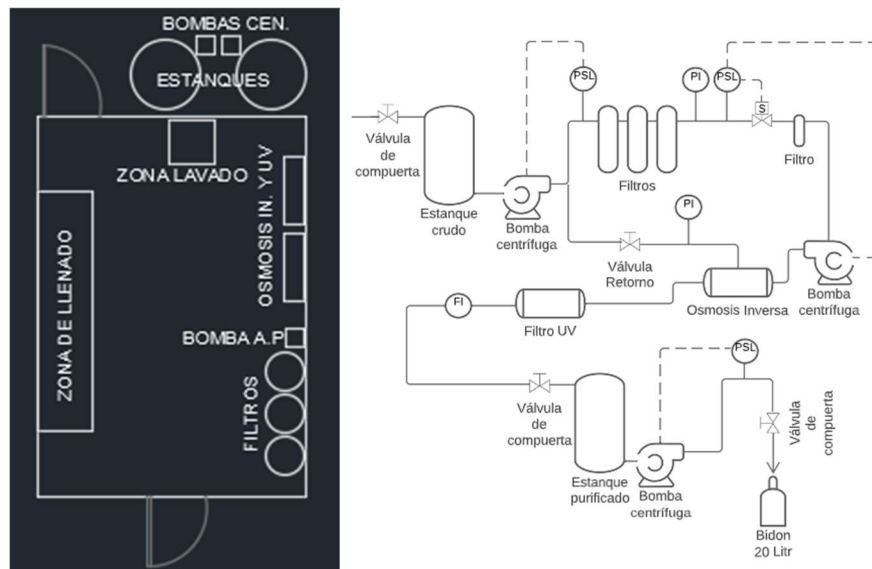
|                            | conexión al proceso            |   |  |   |  |
|----------------------------|--------------------------------|---|--|---|--|
|                            | señal neumática                |   |  |   |  |
|                            | señal eléctrica (análógica)    |   |  |   |  |
|                            | señal eléctrica (discreta)     |   |  |   |  |
|                            | tubo capilar                   |   |  |   |  |
|                            | señal hidráulica               |   |  |   |  |
|                            | enlace digital                 |   |  |   |  |
|                            |                                |   | Montado en Tablero Normalmente accesible al operador | Montado en Campo  | Ubicación Auxiliar. Normalmente accesible al operador. |
|                            |                                | Instrumento Discreto o Aislado          |  |   |  |
|                            |                                | Display compartido, Control compartido. |  |   |  |
|                            |                                | Función de Computadora                  |  |   |  |
|                            |                                | Control Lógico Programable              |  |   |  |
| PRIMERA LETRA              |                                | LETRAS SIGUIENTES                       |  |   |  |
| VARIABLE MEDIDA O INDICADA | MODIFICADOR                    | FUNCIÓN DE LECTURA O PASIVA             | FUNCIÓN DE SALIDA                                    | MODIFICADOR   |  |
| A                          | Análisis                       | Alarma                                  |  |   |  |
| B                          | Queimador, combustión          | Elección del Usuario                    | Elección del Usuario                                 | Elección del Usuario                                    |  |
| C                          | Elección del Usuario           |   | Control  |   |  |
| D                          | Elección del Usuario           |   |  |   |  |
| E                          | Voltaje                        | Diferencial                             | Sensor (Elemento Primario)                           |   |  |
| F                          | Flujo                          | Relación (Fracción)                     |  |   |  |
| G                          | Elección del Usuario           |   | Vidrio, Dispositivo para observar                    |   |  |
| H                          | Máximal                        |   | Indicación   | Alto  |  |
| I                          | Corriente (Eléctrica)          |   |  |   |  |
| J                          | Potencia                       | Barrido                                 |  |   |  |
| K                          | Tiempo, Programación de Tiempo | Velocidad de cambio de tiempo           |  | Estación de control                                     |  |
| L                          | Nivel                          |   | Faz  | Bajo  |  |
| M                          | Elección del Usuario           | Momentáneo                              |  | Medio, Intermedio                                       |  |
| N                          | Elección del Usuario           |   | Elección del Usuario                                 | Elección del Usuario                                    |  |
| O                          | Elección del Usuario           |   | Orificio, Restricción                                |   |  |
| P                          | Presión, Vacío                 |   | Punto de conexión (prueba)                           |   |  |
| Q                          | Cantidad                       | Integración, Totalizador                |  |   |  |
| R                          | Radiación                      |   | Registro   |   |  |
| S                          | Velocidad, Frecuencia          | Seguridad                               |  | Interrupción  |  |
| T                          | Temperatura                    |   |  | Transmisión   |  |
| U                          | Multivariable                  |   | Multifunción   | Multifunción  |  |
| V                          | Análisis Mecánico, Vibración   |   |  | Valvula, Dámper, Persiana                               |  |
| W                          | Peso, Fuerza                   |   | Pozo   |   |  |
| X                          | No clasificado                 | X Axis                                  | No clasificado                                       | No clasificado  |  |
| Y                          | Evento, estado or Presencia    | Y Axis                                  |  | Relay, Compute, Convert                                 |  |
| Z                          | Posición, Dimensión            | Z Axis                                  |  | Driver, Actuador, Elemento final control no clasificado |  |

Fuente: <https://www.monografias.com/trabajos104/simbologia-isa/simbologia-isa>

Figura 2-1. Simbología Diagramas P&ID.

## 2.3 DESARROLLO DEL PROYECTO

### 2.3.1 Situación actual de la planta



Fuente: Elaboración Propia

Figura 2-2. Diagrama P&ID y Distribución Planta Existente.

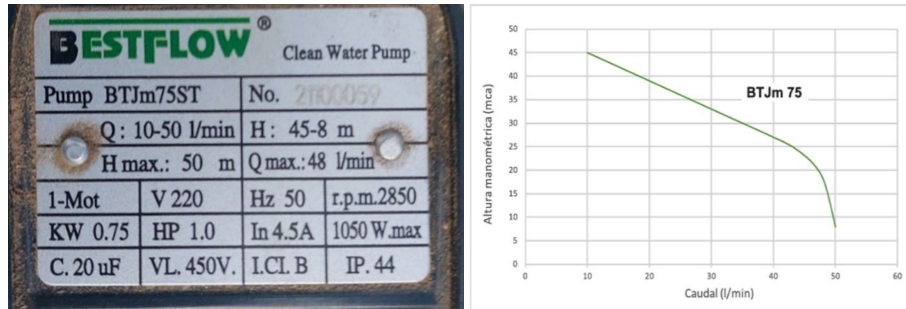
- Actualmente la planta cuenta con 2 estanques de 1400 litros, uno para el agua purificada y otro para el agua cruda, cuenta también con un tablero eléctrico que entrega energía eléctrica a las bombas de la planta, tiene el control de las bombas y válvulas del proceso de purificado.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 2-3. Estanques de 1400 litros.

- En la planta existe una bomba centrífuga que se utiliza para la extracción de agua cruda contenida en el estanque para llevarla al proceso de purificación, es importante mencionar que la planta trabaja a 3 bares y el caudal que impulsan las bombas es de aproximadamente 35 [l/min].



Fuente: Elaboración Propia

Figura 2-4. Placa eléctrica Bomba Centrífuga Estanque Crudo y Purificado.

- Las bombas centrífugas cuentan un controlador de presión electrónico adosado a la bomba para cuando la presión baje actúen las bombas y optimizar su funcionamiento.



Fuente: <https://bombasdeaguade.com/presscontrol/>

Figura 2-5. Presscontrol Bomba Centrífuga Estanque Crudo y Purificado.

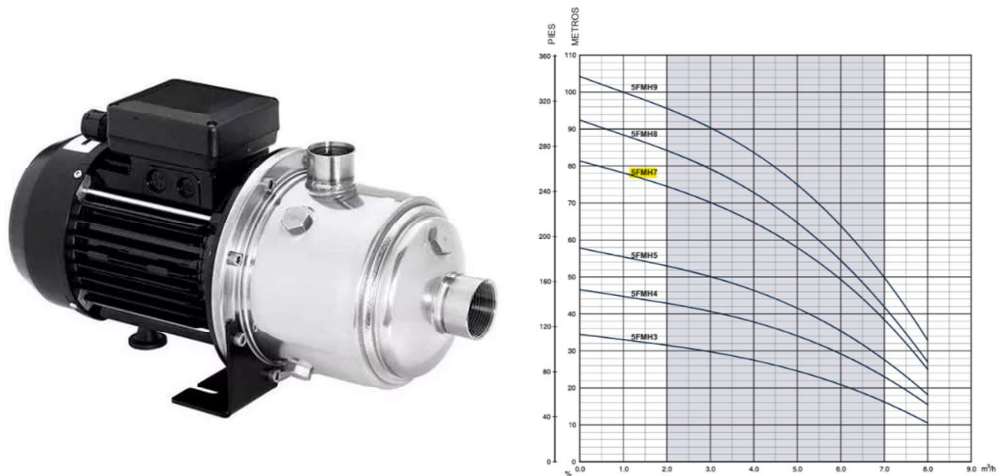
- La canalización hidráulica desde la bomba centrífuga hacia los filtros purificadores y todo el proceso de purificación es de 32 [mm] o 1 ¼".
- El proceso de purificación cuenta con una etapa de filtros, el cual consta de 3 filtros purificadores, filtro lecho profundo, filtro de carbón activado y el filtro suavizador.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 2-6. Zona de Filtros Proceso de purificación

- Para tener mayor seguridad para los filtros existe un presostato el cual está configurado a los 3 bares el cual controla la válvula solenoide [Figura 2-11] y la bomba centrífuga del estanque de crudo, si la presión es menor se apaga la planta hasta que la presión sea igual o levemente mayor a 3 bares y para concluir esta el filtro de 10 pulgada de 5 micra para eliminar impurezas.
- Luego se encuentra una bomba de alta presión de 2HP- 8,2[A] y trabaja a 3 bares o 31 [mca], el cual impulsa el agua ya procesada por los filtros hacia el proceso de osmosis inversa y filtro UV para ser reunida en un estanque de agua purificada.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 2-7. Bomba alta presión.

- Existe una bomba centrífuga de las mismas características que la bomba centrífuga que en el estanque crudo [Figura 2-3] que impulsa el agua purificada hacia las llaves de llenado de bidones de agua y tiene el mismo control que la [Figura 2-5].
- En el proceso de llenado solamente existe una llave manual para el llenado y la canalización hidráulica del proceso de llenado es de 25 [mm] ≈ 1" y el mesón de trabajo es de madera.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 2-8. Zona de llenado bidones de 20 litros.



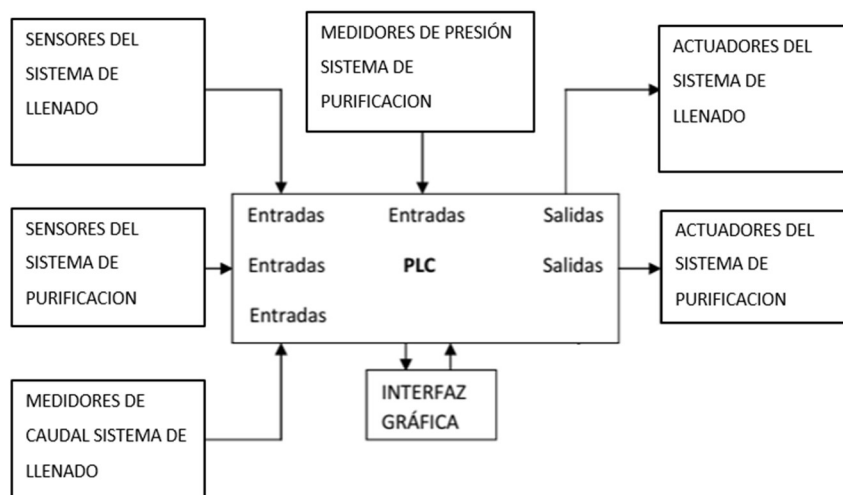
Fuente: Elaboración Propia

Figura 2-9. Zona de purificación de agua cruda.

### 2.3.2 Requerimientos técnicos

En el punto anterior se explicó brevemente lo existente en la planta y en base a los requerimientos del cliente, se debe realizar cambios en el proceso de llenado de bidones de agua, las cuales son los siguientes:

El sistema contará con un eje principal que será el PLC, el cual recibirá y enviará información al sistema de llenado y purificado.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 2-10. Representación gráfica del proceso de llenado de agua purificada.

De acuerdo con los requerimientos del sistema electrónico y el análisis de las diferentes tecnologías en el área de electrónica, se seleccionaron los dispositivos para realizar la automatización correspondiente.

### 2.3.3 Dispositivos faltantes

Los dispositivos electrónicos que se encuentran faltantes para el diseño del sistema de control de llenado de bidones de agua purificada son las válvula solenoide para poder controlar de manera semiautomático el llenado de bidones, cambiar la bomba centrífuga debido a que de pasar a llenar 1 bidón a 3 bidones el caudal aumenta por lo cual el tiempo aumentara y no será factible llenar 3 bidones al mismo tiempo a llenar 1 a un menor tiempo, protecciones eléctricas para poder proteger en caso de fallas eléctricas los equipos, PLC para poder controlar el funcionamiento de la planta y el proceso de llenado de bidones, Pantalla HMI para tener un control visual y comprimido para el mejor manejo del operar, entre otros elementos.

#### 2.3.3.1 Válvula Solenoide

El dispositivo encargado de permitir controlar el flujo del agua purificada para llenar los bidones es la válvula solenoide. Se utilizará una válvula solenoide de 2 vías de normalmente cerrada, de acero inoxidable ASTM A-351 y de 1" que es 25 mm debido que actualmente la canalización existente es de 25 [mm], Modelo US-25, trabaja con un voltaje de 220 [V] y soporta una presión de 0 a 15 [bar].

Se seleccionó este tipo válvula debido a los siguientes factores:

- Debido a que las instaladas en el proceso de purificación y llenado de estanques son del mismo proveedor el cual se seleccionaron y las utilizadas actualmente no han dado ningún tipo de problemas de funcionamiento.
- Al material al ser de hierro tiene grandes beneficios como la versatilidad, la durabilidad, la baja pérdida de presión, la ausencia de fugas y la alta resistencia, entre otras.
- En vista de la necesidad y funcionamiento de la válvula se seleccionó de 2 vías, las válvulas de 2 vías [o de 2 puertos] dejan pasar el agua sólo en una dirección, así que si la válvula está completamente cerrada no permitirá dejar pasar el agua en ella.
- Soporta la presión de trabajo que es de 3 bares  $\approx 31$  [mca]  $\approx 3$  [kg/cm<sup>2</sup>]



| Model | Size  | Orifice<br>MM | Fluid<br>Temp °C | Max operation pressure DIFF Kg/cm <sup>2</sup> |        |        |     |
|-------|-------|---------------|------------------|--|--------|--------|-----|
|       |       |               |                  | Water  | Air    | Stream | Oil |
| US-15 | 1/2   | 17            | -5°C~185°C       | 0.5~15   | 0.5~15 | 0.5~15 |     |
| US-20 | 3/4   | 17            | -5°C~185°C       | 0.5~15   | 0.5~15 | 0.5~15 |     |
| US-25 | 1     | 22            | -5°C~185°C       | 0.5~15   | 0.5~15 | 0.5~15 |     |
| US-35 | 1-1/4 | 30            | -5°C~185°C       | 1~15   | 1~15   | 1~15   |     |
| US-40 | 1-1/2 | 32            | -5°C~185°C       | 1~15   | 1~15   | 1~15   |     |
| US-50 | 2     | 50            | -5°C~185°C       | 1~15   | 1~15   | 1~15   |     |

Fuente: <https://n9.cl/sk9im0>

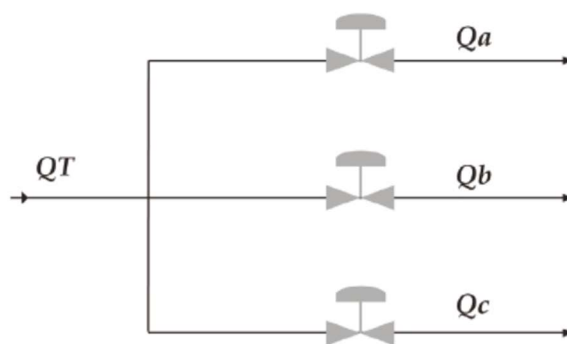
Figura 2-11. Válvula Solenoide.

### 2.3.3.2 Bomba Centrífuga

Para seleccionar la bomba centrífuga se necesita saber lo siguiente:

- Presión de trabajo: 3 bares  $\approx$  31 [mca]  $\approx$  3 [kg/cm<sup>2</sup>]
- Caudal a la descarga: 120 [l/min] = [40 l/min \* 3 válvulas]
- Diámetro de ductos: 25 [mm]  $\approx$  1"
- Tipo de ducto: PVC

Se sabe que la presión de trabajo en la planta es de 3 bares, si la presión se convierte a metros de columna de agua, sería de aproximadamente 31 [mca] y como se necesita que el caudal a la descarga en cada válvula sea de 40 [l/min] y al proyectar 3 válvulas en paralelo y al ser de las mismas características se debe multiplicar por 3 el caudal, es decir, 120 [l/min].



Fuente: <https://n9.cl/wgudv>

Figura 2-12. Caudal en tuberías en paralelo.

Existen diferentes tipos de bombas a elegir, existen las bombas de tipo periférica, las cuales son especiales para suministrar presión al sistema, y las bombas tipo centrífugas que son ideales para suministrar mayor caudal a un sistema. Como el objetivo es que en las salidas haya un mayor caudal a una menor presión, para poder llenar los bidones en un menor tiempo, lo más convenientes es elegir una bomba de tipo centrífuga. En el mercado existe una gran variedad de bombas con las características necesitadas, pero se escogió la óptima para su uso en grados IP, potencia, dimensiones, presión de trabajo y las más factible en costo.

La bomba centrífuga a utilizar es una monofásica de 220 [V] – 2 HP/1,5 [KW] de la marca Leo. Sus usos principales son de trasvasije en grandes distancias, riego, sistemas contra incendios, u otros procesos que requieran volúmenes importantes de agua. Las bombas Leo están garantizadas durante un año desde su fecha de adquisición, según lo indica su ficha técnica.

- Modelo: ACM 150
- Tensión: 220 V.
- Amperaje de consumo: -- A.
- Potencia: 1,5 KW / 2 HP.
- Altura máxima de elevación: 48 metros (4,8 bar).
- Caudal máximo entregado: 140 L/min (8400 L/h - 8,4 m3/h).
- Succión máxima: 8 metros.
- Conexión Aspiración: 1 1/4".
- Conexión Impulsión: 1".
- Protección: IP44.
- Cuerpo de bomba en hierro fundido, con tratamiento especial anti-corrosión y bocas roscadas.
- Impulsor de bronce.
- Eje en acero inoxidable AISI 304
- Temperatura max. del líquido: +60°C



| MODELO   | POTENCIA | SUCCIÓN/DESCARGA | Q     | m³/h |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|----------|------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |          |                  |       | 0    | 0,6  | 0,9  | 1,2  | 1,8  | 2,4  | 3,0  | 3,6  | 4,2  | 4,5  | 4,8  | 5,4 | 6,0  | 6,6  | 7,2  | 7,8  | 8,4  | 9,0  | 9,6  | 10,8 | 11,7 | 12,6 |
|          | HP       | plg.             | l/min | 0    | 10   | 15   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 75   | 80   | 90  | 100  | 110  | 120  | 130  | 140  | 150  | 160  | 180  | 195  | 200  |
| ACM 75   | 1        | 1" X 1"          |       | 36   | 35   | 34   | 33,5 | 33   | 32   | 31   | 29   | 27   | 26   | 23,5 | 20  | 16   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ACM 110  | 1,5      | 1½" X 1"         |       | 40   | 39   | 38   | 38   | 37,5 | 37   | 36   | 35   | 33   | 32   | 31   | 29  | 26   | 23   | 20   |      |      |      |      |      |      |      |
| ACM 150  | 2        | 1½" X 1"         | H(m)  | 48   | 47,5 | 47   | 46,5 | 45,5 | 44,5 | 43,5 | 42,5 | 41,5 | 41   | 40,5 | 39  | 37   | 34,5 | 31   | 27   | 22   |      |      |      |      |      |
| ACM 110L | 1,5      | 1½" X 1"         |       | 34,5 | 34,3 | 34,2 | 34,1 | 34   | 33,8 | 33,5 | 33   | 32,5 | 32,3 | 32   | 31  | 30,5 | 29,5 | 28,5 | 27,5 | 26,5 | 25   | 23,5 | 20   | 16,5 |      |
| ACM 150L | 2        | 1½" X 1"         |       | 37,5 | 37,2 | 37   | 36,9 | 36,6 | 36,2 | 35,8 | 35,4 | 35   | 34,8 | 34,7 | 34  | 33,3 | 32,5 | 31,5 | 30,5 | 29,5 | 28,2 | 27   | 24   | 21   | 19   |

Fuente: <https://ecoaqua.cl/producto/leo-acm-150/>

Figura 2-13. Bomba centrífuga.

### 2.3.3.3 Contactor

El dispositivo encargado de establecer y/o interrumpir el paso de la corriente es el contactor, en el caso de este elemento para tener una uniformidad en las marcas del tablero se utilizó la misma marca y modelo instalado actualmente. Es importante que las características eléctricas del contactor sean similares o igual al de la bomba centrífuga que acciona, en el caso del contactor que acciona la bomba centrífuga es debe soportar la misma o mayor corriente que la que consume la bomba es decir 9 [A]. El contacto a utilizar de marca Lexo y soporta una corriente de 12 [A] y será de la categoría AC-3.



Fuente: <https://www.lexo.cl/inicio/138-contactor-12a-1no-ip20-7807371006920.html>

Figura 2-14. Contactor eléctrico.

#### 2.3.3.4 Relé Térmico

El artefacto encargado de proteger la bomba centrífuga es el relé térmico, al igual que el contactor, se utilizará un dispositivo de la misma marca y modelo instalado actualmente. Es importante que las características eléctricas del relé térmico sean similares o igual al de la bomba centrífuga que acciona, en el caso del contactor que acciona la bomba centrífuga debe soportar la misma o mayor corriente, dependiendo del factor de servicio indicado por el fabricante, la bomba consume una corriente de aproximadamente de 9 [A]. El relé térmico a utilizar es de marca Lexo y de una corriente variable desde 9 [A] – 12 [A].



Fuente: <https://n9.cl/8eh21>

Figura 2-15. Relé térmico.

#### 2.3.3.5 Automático Eléctrico

El automático eléctrico cumple con la función de proteger por sobre tensión o fallas eléctricas a la máquina en su totalidad, y está ubicado dentro del tablero de control de accesorios, se utilizará un dispositivo de la misma marca y modelo instalado actualmente. Es importante es que permita el adecuado funcionamiento y protección del circuito.

El automático a utilizar es de marca Lexo de una corriente máxima 10 [A]



Fuente: <https://n9.cl/fh2pl>

Figura 2-16. Automático eléctrico.

2.3.3.6 Fuente de poder

La fuente de poder es de tipo para montaje riel din, esta se seleccionó debido a que debe resistir altas temperaturas, descargas eléctricas, vibraciones, ofreciendo máxima fiabilidad gracias a un gran tiempo medio entre fallos y alta potencia dieléctrica y más espacio en el panel de control y la gran importancia de cumplir con la capacidad de corriente y voltaje proyectada que es de 2,1 [A] y 24 [Vdc], esta es necesaria para alimentar el PLC y diferentes elementos de control.

En el mercado existe una amplia variedad de fuentes de poder, el dispositivo que se seleccionara fue su tamaño, por su grado IP, por su recomendado uso, buenos comentarios y cumple con los requerimientos necesarios.

La fuente que se utilizara es de marca Mean Well, modelo Mdr-60-24.

|                        |                                       |
|------------------------|---------------------------------------|
| CATEGORÍA DEL PRODUCTO | Fuente de poder riel DIN              |
| MARCA                  | Mean Well                             |
| SKU                    | MDR-60-24                             |
| PRODUCTO               | Fuente de Poder Conmutada (Switching) |
| TIPO DE MONTAJE        | Riel DIN                              |
| TIPO DE ENTRADA        | Monofásica                            |
| VOLTAJE DE ENTRADA     | 85 - 264VAC, 120 - 370VDC             |
| NÚMERO DE SALIDAS      | 1 salida                              |
| VOLTAJE DE SALIDA      | 24VDC                                 |
| CORRIENTE DE SALIDA    | 2.5A                                  |
| POTENCIA DE SALIDA     | 60W                                   |



Fuente: <https://n9.cl/qsi7o>

Figura 2-17. Relé térmico.

### 2.3.3.7 Sensor capacitivo y ultrasónico

El instrumento encargado para medir el nivel de llenado de los estanques de agua cruda y purificada es el transmisor de nivel ultrasónico y el encargado de detectar la ubicación de los bidones en el proceso de llenado son los sensores capacitivos y así evitar llenados sin bidones de agua y pérdidas de agua.

La principal causa el cual se escogerá el sensor capacitivo para detectar la posición de los bidones es por diseño, tamaño y uso. Debido a que para realizar esta acción se pueden usar diversos tipos de sensores como capacitivos, ultrasónico, de proximidad, fotoeléctrico, etc.

El sensor capacitivo a utilizar para detectar la ubicación de los bidones es de marca Autonics, modelo CR18-8DPNP debido a que las entradas del PLC se energizaran con pulso positivo, si las entradas se energizaran con pulso negativo tendría que ser NPN. El rango de medición es de 5,6mm y el valor de medición es On/Off [1 o 0] y la alimentación es de 24 [V]

| Modelos                             | CR18-8DN<br>CR18-8DP<br>CR18-8DNZ   | CR30-15DN<br>CR30-15DP<br>CR30-15DNZ | CR18-8AO<br>CR18-8AC   | CR30-15AO<br>CR30-15AC |
|-------------------------------------|---|--------------------------------------|------------------------|------------------------|
| Distancia nominal                   | 8mm ±10%  | 15mm ±10%                            | 8mm ±10%               | 15mm ±10%              |
| Histeresis                          | Max. 20% de la distancia de detección   |                                      |                        |                        |
| Objeto estándar de detección        | 50 x 50 x 1mm(hierro)   |                                      |                        |                        |
| Distancia de detección              | 0 - 5.6mm   | 0 - 10.5mm                           | 0 - 5.6mm              | 0 - 10.5mm             |
| Alimentación (Voltaje de operación) | 12-24VCC (10-30VCC)   |                                      | 100-240VCA (85-264VCA) |                        |
| Consumo de corriente                | Max. 15mA   |                                      |                        |                        |
| Consumo de fuga                     |   |                                      | Max. 2.2mA             |                        |
| Frecuencia de respuesta(*1)         | 50Hz  |                                      | 20Hz                   |                        |
| Voltaje residual                    | Max. 1.5V   |                                      | Max. 20V               |                        |
| Variación por temp.                 | ±10% Max. para la distancia de detección +20°C dentro del rango de temperatura de -25 - +70°C |                                      |                        |                        |
| Salida de control                   | Max. 200mA  |                                      | Max. 5 - 200mA         |                        |
| Resistencia de aislamiento          | Min. 50M(±a 500VCC mega)  |                                      |                        |                        |
| Resistencia dieléctrica             | 1500VCA 50/60Hz por 1 minuto  |                                      |                        |                        |
| Vibración                           | Amplitud de 1mm a frecuencia de 10 - 55Hz en cada dirección de X, Y, Z por 2 horas            |                                      |                        |                        |
| Golpe                               | 500miv(50G) en direcciones X, Y, Z 3 veces  |                                      |                        |                        |
| Indicador                           | Indicador de operación (LED rojo)   |                                      |                        |                        |
| Temperatura ambiente                | -25 - +70°C(en condición de no congelamiento)   |                                      |                        |                        |
| Temp. de almacenamiento             | -30 - +80°C(en condición de no congelamiento)   |                                      |                        |                        |
| Humedad ambiente                    | 35 - 95%RH  |                                      |                        |                        |
| Circuito de protección              | Inversión de polaridad y picos de voltaje   |                                      | Picos de voltaje       |                        |
| Protección                          | IP66(IEC estándar)  | IP65(IEC estándar)                   | IP66(IEC estándar)     | IP65(IEC estándar)     |
| Cables                              | Ø4X3P, 2m   |                                      | Ø4X2P, 2m              |                        |
| Peso de la unidad                   | Aprox. 72g  | Aprox. 212g                          | Aprox. 63g             | Aprox. 220g            |



Fuente: <https://automaq.pe/producto/1924/sensor-capacitivo-dia-18mm-alc-8mm-pnp-na-10-30vdc>

Figura 2-18. Sensor Capacitivo CR18-8DP.

Para el caso del transmisor de nivel ultrasónico es importante destacar que los estanques de 1400 litros miden 1,5 metros de altura, para ello se deberá convertir esos datos a señales analógicas, es decir, 4 - 20 [mA]. El transmisor de nivel de alta precisión que aplica tecnología de ultrasónico para realizar sus mediciones [no requiere contacto con el agua]. Destaca particularmente por su tamaño compacto que lo hace ideal para operar en espacios pequeños, reduciendo las áreas de banda muerta en la medición y con un ángulo cuyo haz de medición es también acotado, lo que permite disminuir distorsiones y obtener así una mayor exactitud. Está fabricado con plástico ABS de alta resistencia. Cuenta con salida 4-20 [mA] de 2 hilos autoalimentado y a diferencia de otros modelos, dispone de rango de medición configurable, que permite al usuario establecer libremente un rango máximo y mínimo de salida. Se aplica

preferentemente en sistemas de tratamiento de aguas, tanques de contenido líquido y otros sistemas de medición de nivel. Alimentación 24 [V].



| CÓDIGO                          | N0216835                           | N0216940 |
|---------------------------------|------------------------------------|----------|
| Rango medición                  | 0 - 5 m                            | 0 - 10 m |
| Distancia mínima (banda muerta) | 0,4 m                              | 0,5 m    |
| Tipo rango medición             | Configurable                       |          |
| Exactitud                       | ±0,25% del rango total             |          |
| Ángulo ciego de medición        | < 12°                              |          |
| Salida                          | 4 - 20 mA, 2 hilos auto-alimentado |          |
| Alimentación                    | 24 VDC                             |          |
| Consumo                         | <1,5 W                             |          |
| Protección                      | IP65                               |          |
| Material                        | ABS / PVC                          |          |
| Temperatura de trabajo          | -10 + 60 °C                        |          |

Fuente: <https://n9.cl/yepgi>

Figura 2-19. Transmisor de nivel ultrasónico.

### 2.3.3.8 Caudalímetro

El instrumento para medir el caudal que estará circulando por las tuberías hacia las válvulas en el proceso de llenado y enviar la información al PLC, para así poder limitar el proceso de llenado de bidones de agua purificada es el Caudalímetro. Se entiende, que la presión de trabajo es de 3 bares  $\approx 31$  [mca]  $\approx 3$  [kg/cm<sup>2</sup>], el caudal será de aproximadamente 120 [l/m] y el diámetro de las tuberías existente es de 25 [mm]  $\approx 1$ " y que debe medir señales de 4 a 2 [mA] para que el PLC convierta las señales en caudal. El caudalímetro a utilizar será un caudalímetro de turbina SUP-LWGY DN-25 de la marca Supmea Automation.

El caudalímetro de turbina de líquido de la serie SUP-LWGY es un tipo de instrumento de velocidad, que tiene las ventajas de alta precisión, buena repetibilidad, estructura simple, pequeña pérdida de presión y mantenimiento conveniente. Se utiliza para medir el flujo de volumen de líquido de baja viscosidad en tubería cerrada. Tipo de rosca, simple de instalar y mantener, usualmente usado para mediciones de flujo de pequeño diámetro, el voltaje de Alimentación es de 24 [Vdc] y tiene un grado de protección IP65.

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Tecnología              | de turbina  |
| Fluido                  | para líquido  |
| Diámetro del tubo       | DN10 - 3/8", DN100 - 4", DN15 - 1/2", DN20 - 3/4", DN25 - 1", DN32 - 1 1/4", DN40 - 1 1/2", DN50 - 2", DN80 - 3", DN8 - 1/8", DN80 - 3 1/2", DN8 - 1/4", DN80 - 2 1/4", DN65 - 2 1/2" |
| Montaje                 | roscado   |
| Material                | de acero inoxidable   |
| Comunicación            | 4-20 mA, con salida digital   |
| Tensión de alimentación | 12 V CC, 24 V CC  |
| Tipo de protección      | IP65  |
| Otras características   | de alta precisión   |
| Temperatura de proceso  | Máx.: 30 °C (86 °F)<br>Min.: 10 °C (50 °F)  |
| Presión de proceso      | 10 bar, 16 bar, 25 bar, 40 bar (145,04 psi)   |
| Precisión               | 0,2 %, 0,5 %, 1 %   |



Fuente: <https://.cl/9ht4f>

Figura 2-20. Caudalímetro Análogo

### 2.3.3.9 Transmisor de presión

El dispositivo encargado de apoyar el control de la bomba de alta en el proceso de osmosis inversa y controlar directamente la válvula solenoide el mismo proceso mencionado es el transmisor de presión. Actualmente existe un presostato junto a una válvula solenoide, pero como el nuevo diseño de la planta será controlada por un PLC y la información será mostrada por un HMI debemos utilizar un transmisor de presión para enviarle una señal al PLC y distribuir la información.

Se comprende que la presión de trabajo es de 3 bares, el transmisor de presión debe ser lo más cercano a 3 bares de lo contrario entre mayor es su capacidad de lectura, mayor margen de error existe. Al igual que la mayoría de los elementos para tratar de aprovechar la fuente de poder 24 [Vdc] y utilizar un disipativo que tenga un grado IP acorde al ambiente de la plata será IP65 y la marca y modelo del trasmisor de presión será la marca Veto, código C9010224.

Transmisor de presión con salida 4-20 [mA] con dos cables. Cuerpo a prueba de polvo y agua [IP65], soporta fluidos con una temperatura de entre -30 y 100 [°C], cuenta con protección contra inversión de polaridad. Este transmisor de presión se utiliza prácticamente en cualquier sistema de control de presión, ya sea se trabaje con flujos de líquidos, agua, aceites, gases o vapores.

|  |                          |
|--|--------------------------|
| Rango                                    | 0 + 4 bar ;0+ 58 psi     |
| Exactitud                                | ± 0,5% rango total       |
| Salida                                   | 4 - 20 mA con dos cables |
| Alimentación                             | 5 - 24 VDC               |
| Temperatura de fluido                    | -20 + 125 °C             |
| Conexión                                 | ½ NPT                    |
| Protección                               | IP65                     |
| Material partes contacto con fluido      | Acero inoxidable SS316   |
| Protección contra inversión de polaridad |                          |
| Ajuste zero/span                         |                          |



Fuente: <https://www.veto.cl/transmisor-de-presion-salida-4-20-ma-standard-c9010224/p>

Figura 2-21. Transmisor de presión.

### 2.3.3.10 PLC

El corazón de la planta y control del proceso de purificación y llenado será comandado por un PLC Siemens PLC S7-1200 CPU 1215C Dc/Dc/Relé debido a los siguientes puntos:

- Es el autómatas más adecuado para la automatización industrial de forma sencilla, rápida y efectiva.
- Con este dispositivo mejora el servicio de los equipos ya instalados.
- Su programación es de gran capacidad
- Fácil comunicación
- Es de bajo costo
- Compatible con muchas aplicaciones, especialmente con las destinadas a la proximidad
- Su interfaz Profinet es compatible con equipos de otras marcas
- Compatible con distintas ejecuciones dentro del sistema
- La lógica de su sistema puede programar el controlador y la pantalla del dispositivo.

Se pudo haber seleccionado un PLC S7-300 o S7-1500 pero el costo del equipo y la capacidad de ampliación de entradas analógicas, digitales y salidas analógicas se escogió el PLC S7-1200.

#### Características:

- Tension de alimentación: 24VDC
- Consumo (valor nominal): 500mA, solo CPU
- Con memoria integrada: 100 kByte
- Número de entradas digitales: 14
- Número de salidas digitales: 10
- Número de entradas analógicas: 2
- Interfaz PROFINET (estándar abierto de Ethernet)
- Soporta servidores web
- Dimensiones: 110x100x75mm



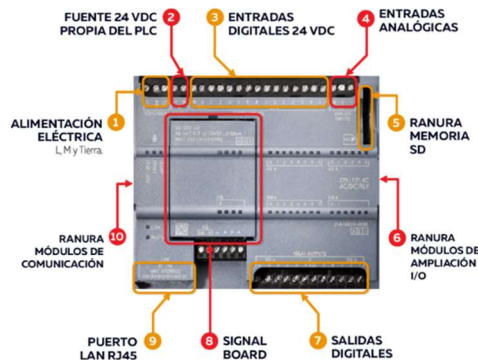
Fuente: <https://www.sargentchile.cl/industrial/productos/511-plc-s7-1200-cpu-1215c-dc-dc-rele.html>

Figura 2-22. PLC S7-1200 CPU 1215C Dc/Dc/Relé.

La estructura del PLC dependerá del modelo y tipo se utilizará en este caso el proyecto está diseñado en un PLC S7-1200 CPU 1215C Dc/Dc/Rly, y sus siglas significan los siguiente:

- CPU 1215C: Las CPU S7-1200 se pueden ampliar con hasta tres módulos de la comunicación [CM] y ocho módulos de la señal [SM], los módulos de la señal y los tableros de la señal se pueden integrar para ampliar el IOS digital o análogo sin afectar el tamaño físico del regulador, los módulos de la señal se pueden conectar con el derecho de la CPU para ampliar más lejos la capacidad digital o análoga del IO. La CPU 1215C acepta ocho módulos de la señal
- Dc/Dc/Relé: Las primeras siglas [Dc] significan que la alimentación es DC, las segundas siglas [Dc] significan que posee una salida de voltaje continuo y por último las siglas Rly significan que las salidas son de tipo relé.

Algunas partes importantes de indicar en el PLC Simatic S7-1200 son las mostradas en la figura 2-14.



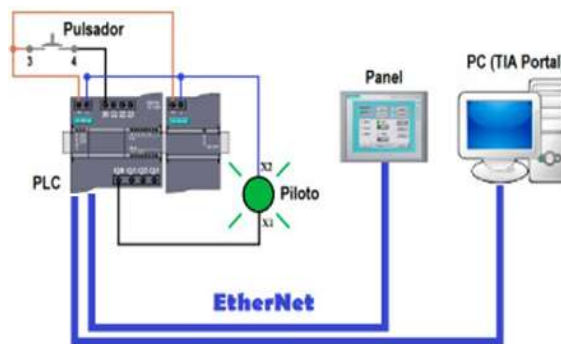
Fuente: <http://techdesign.com.ec/techw/curso-basico-de-plc-hmi-con-tia-portal/>

Figura 2-23. Partes externas del PLC S7-1200.

Las características técnicas más importante del PLC a utilizar son las siguientes:

- CPU Compacta Dc/Dc/Relé
- 2 puertos Profinet
- Entradas/Salidas Integradas:
  - 14 Entradas Digitales 24 [Vdc]
  - 2 Entradas Analógicas 0-10 [Vdc]
  - 10 Salidas Digitales
  - 2 Salidas Analógicas 0-20 [mA Dc]
- Relé 2 [A]
- Alimentación: Dc 20,4-28,8 [Vdc]
- Memoria De Programas/Datos 125 [Kb]

La conexión entre PLC y PC será mediante protocolo de comunicación PROFINET, por lo cual se deberá conectar el PLC con el PC, el HMI con el PLC y se sabe que el PLC tiene 2 puertos Profinet.



Fuente: <https://n9.cl/ryung>

Figura 2-24. Modelo de conexión entre PLC-HMI-PC.

El Cable UTP Cat5 llega al tope a velocidades de 10/100 Mbps, mientras que el Cat5e llega a velocidades de 1000 Mbps, y el Cat6 a 10 Gbps. Con el propósito de comunicar el PLC con la Pantalla HMI y el PLC con el computador, la conexión se propone mediante cables UTP Cat5e. Se explicó anteriormente la velocidad de transferencia, máxima del PLC S7-1200 y en general comunican a 100Mbps, por lo cual con un cable Cat5e será un cable suficiente, estando por encima de lo requerido. Bien es cierto, que, con el cable Cat5 cumple con lo requerido técnicamente, con uno superior nos aseguramos un desempeño óptimo.

#### 2.3.3.11 Módulo entradas analógicas

Como se explicó que el PLC tiene 2 entradas analógicas y se utilizaran 6 entradas, se debe ampliar la cantidad de entradas analógicas, para realizar esta modificación se utilizará un módulo Análogo compatible con el PLC S7-1200, el cual será el modelo SM1231 24Vdc de 8 Entradas Analógicas de la marca SIEMENS.



Fuente: <https://n9.cl/t1fgk>

Figura 2-25. Módulo entradas analógicas SM1231 24Vdc.

### 2.3.3.12 Módulo salidas digitales

Al igual que las entradas analógicas, se explicó también que el PLC cuenta con 10 salidas digitales y se utilizarán 13 salidas, se debe ampliar la cantidad de salidas digitales, para realizar esta modificación se utilizará un módulo digital compatible con el PLC S7-1200, el cual será el modelo Sm1222 24 [Vdc] de 8 salidas digitales de la marca SIEMENS.



Fuente: <https://n9.cl/mk0b4>

Figura 2-26. Módulo Digital S7-1200 Sm1222 8Do 24 Vdc.

### 2.3.3.13 Pantalla HMI

Para poder ejecutar el proceso de llenado, apagar la planta en caso de emergencia, tener un control completo de la planta desde su funcionamiento, fallas y próximas mantenciones, entre otros, se utilizará una pantalla HMI para realizar las actividades nombradas anteriormente.

Al igual que la mayoría de los dispositivos existen diversos modelos y marcas de pantallas HMI, en este proyecto se seleccionó la pantalla HMI Ktp700 Basic 7 pulgadas por los siguientes motivos:

- Para que los dispositivos relacionados directamente con el PLC sean de la misma marca [Siemens].
- Y el mayor motivo de la selección es la relación costo v/s calidad.
- Su grado de protección IP es 65



Fuente: <https://n9.cl/m6lpw>

Figura 2-27. Pantalla HMI Ktp700 Basic 7 Pulgadas.

Es importante destacar que debido a que la pantalla HMI solamente es de grado de protección IP65 por la parte frontal y por la parte posterior es IP20 [No cumple para ser montada en el sector de proceso de llenado], se solicitará la compra de un armario para el montaje y control del proceso de llenado, el grado de protección de IP67.



Fuente: <https://www.delvallebox.com/es/armarios-de-acero-inoxidable-cuadros-cajas-ino>

Figura 2-28. Armario HMI.

#### 2.3.3.14 Selector eléctrico

Para tener un sistema manual en el caso de que la pantalla HMI falle, se debería agregar en el tablero un selector de dos posiciones para contralar el llenado manual de bidones activando o desactivando las válvulas. Para escoger el selector se debe tener en consideración la corriente que va a pasar por el selector, la cantidad de posiciones y polos. Para su uso será un selector de dos posiciones que soporte 10 [A].



Fuente: <https://eacol.cl/cajas-y-tableros/1137-selector-maneta-corta-2-posiciones-con-retorno-22-mm-1na-bme.html>

Figura 2-29. Selector dos posiciones.

#### 2.3.3.15 Modificación de tablero eléctrico

Actualmente el tablero eléctrico instalado en la planta se encuentra sin disponibilidad de espacio para agregar equipos y no cumple con los nuevos pliegos técnicos solicitados por la SEC.



Fuente: Propia

Figura 2-30. Estado Tablero Eléctrico.

Según los dispositivos faltantes en la planta nombrados anteriormente, el tablero que se necesita es un tablero de 800 x 600 x 230 [mm] para así poder montar todos los equipos nombrados y tener un 25% disponibilidad que solicita el RIC N°2.

Se puede observar en la [Figura 2-30] que actualmente el tablero esta energizado desde un enchufe domiciliario, los enchufes domiciliarios tienen un conductor NYA [mm<sup>2</sup>]. Se eliminará el enchufe como alimentador para el tablero para evitar sobrecalentamiento en el enchufe y posibles catástrofes. Y en su propuesta será remplazado por un cordón eléctrico que soporte la corriente y el voltaje de pérdida no sea menor a 5%, como se muestra en la [tabla 2-1] se debe cambiar los cables a un conductor que mínimo soporten 30 [A], al ser un sector de reunión de personas debería cambiarse a cable evaflex y la sección era calculada en la [tabla 2-2].

Tabla 2-1. Consumos de corrientes equipos/dispositivos en la planta.

| Equipo/Dispositivo                   | Cantidades | Potencia | Corriente [A] |
|--------------------------------------|------------|----------|---------------|
| Bomba centrifuga estanque crudo      | 1          | 750 (W)  | 3 (A)         |
| Bomba centrifuga estanque purificada | 1          | 1500 (W) | 6,82 (A)      |
| Bomba alta presión (osmosis)         | 1          | 1750 (W) | 7,95 (A)      |
| Fuente de poder                      | 1          | 550 (W)  | 2,5 (A)       |
| Filtros                              | 3          | 660 (W)  | 3 (A)         |
| Filtro UV                            | 1          | 110 (W)  | 1 (A)         |
| Luminarias y otros enchufes          | 1          | 660 (W)  | 3 (A)         |
| Total                                |            | 5980 (W) | 27 (A)        |

Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Tabla 2-2. Cálculo alimentador tablero.

|                                |           |   |
|--------------------------------|-----------|---|
| Rho cobre                      | 0,017     | $S = \frac{2 * \rho * I * L}{\Delta V}$ |
| Largo [m]                      | 15        |   |
| Corriente [A]                  | 27        |   |
| Caída de tensión permitida [V] | 11        |   |
| Voltaje [V]                    | 220       |   |
| Sección del cable [mm]         | 2,5       |   |
| Sección calculada              | 1,2602479 |   |
| Caída de tensión [%]           | 5         |   |

Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Para realizar la alimentación del tablero se puede utilizar desde un conductor de 1,5 [mm<sup>2</sup>] que es la sección comercial mayor a la calculada, pero debido a que la normativa eléctrica [RIC N°3 5.1.2] indica para el caso de subalimentadores la sección mínima permisible será de 2,5 [mm<sup>2</sup>].

## **2.4 CONFIGURACION Y PROGRAMACION DEL PLC**

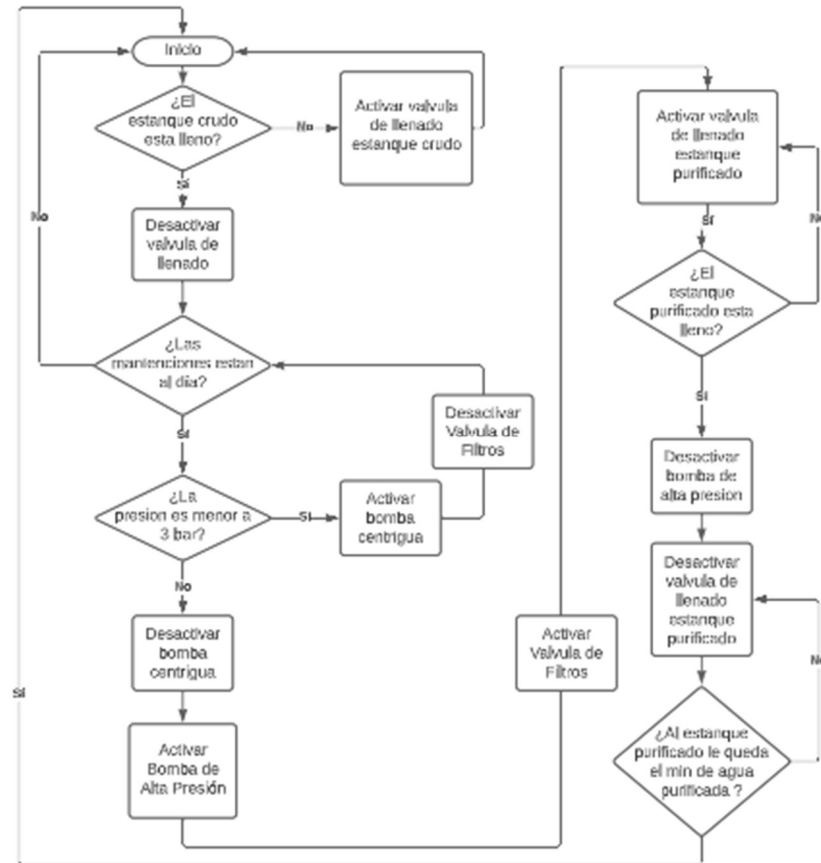
A continuación, se presentará el diseño de la solución propuesta con los dispositivos municionados y explicados anteriormente, con el fin de solucionar las grandes problemáticas existentes en la planta de agua purificada y cumplir con los requerimientos del cliente.

### **2.4.1 Diagrama de flujo**

A través de diagramas de flujo se explicará el cual muestra gráficamente los pasos o procesos a seguir para alcanzar la solución de un problema. Su correcta construcción es sumamente importante debido que, a partir del mismo se escribe un programa en algún lenguaje de programación.

#### **2.4.1.1 Diagrama de flujo proceso de purificación**

El diagrama de flujo del sistema de purificación inicia de manera manual mediante un Switch ubicado en el tablero eléctrico, con las variables del PLC apagadas, para comenzar a purificar el agua siempre debe estar el estanque lleno, al presionar los botones listos de las mantenciones, siempre y cuando estén las 4 mantenciones al día se podrá avanzar con el proceso, si la presión es menor a 4 bar quiere decir que la bomba o el controlador no está funcionando en óptimas condiciones por lo cual no dejará partir con el proceso de purificación, una vez cumplidas las 3 condiciones el proceso comenzará activando la válvula de los filtros, la bomba de alta presión y la válvula de llenado al estanque de agua purificada, una vez el estanque de agua purificada este lleno se desactivan los dispositivos nombrados anteriormente hasta que el estanque de agua purificada baje su nivel mínimo configurado, proceso explicado anteriormente se muestra en la [figura 2-31](#).

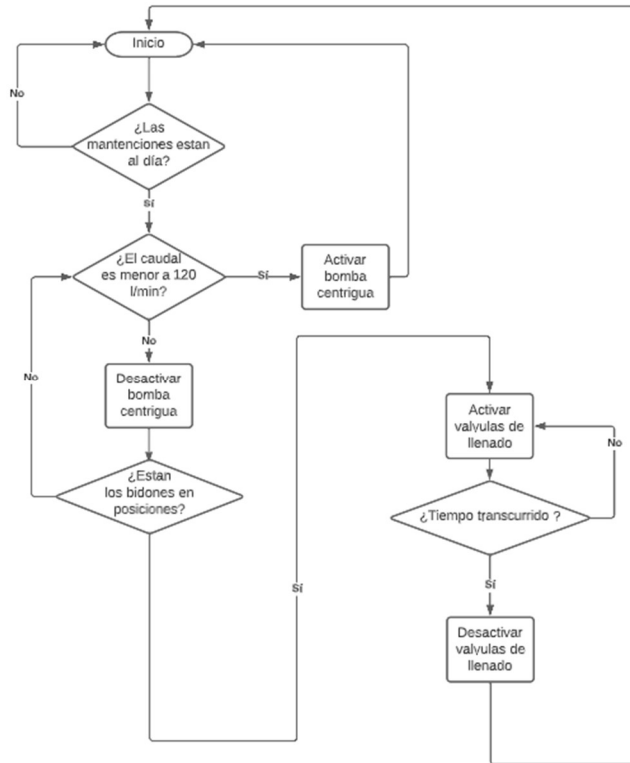


Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-31. Diagrama de flujo proceso purificación.

### 1.1.3.2 Diagrama de flujo proceso de llenado

El diagrama de flujo del sistema de llenado inicia de manera manual mediante un pulsador ubicado la pantalla HMI, para comenzar a llenar bidones se deberán presionar los botones listos de las mantenciones, siempre y cuando estén las 4 mantenciones al día se podrá avanzar con el proceso, si el caudal es menor a 120 [l/min] quiere decir que la bomba o el controlador no está funcionando en óptimas condiciones por lo cual no dejara partir con el proceso de llenado, si los bidones no están en sus posiciones no dejará comenzar con el llenado de ellos, y una vez cumplidas las 3 condiciones, el proceso comenzará activando las válvula de llenado hasta que concluya el tiempo seleccionado mediante estudios de tiempo de las bombas [30 Segundos].



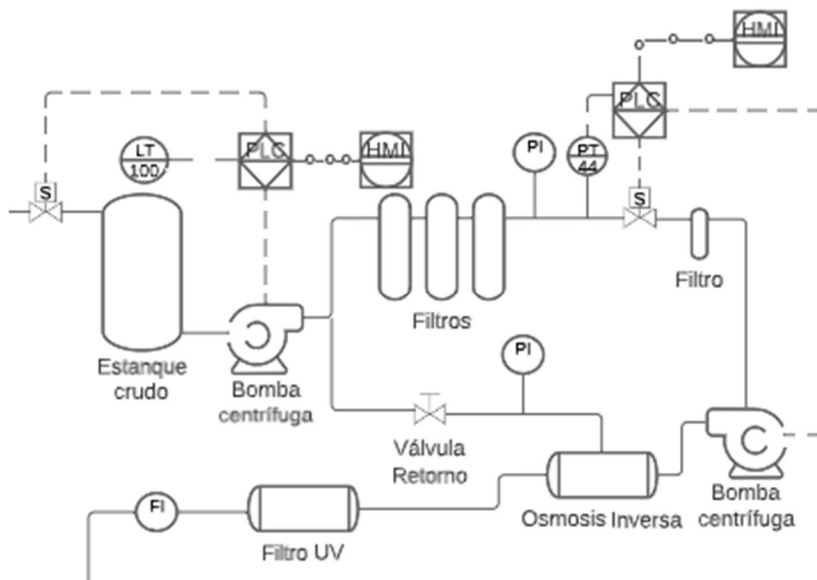
Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-32. Diagrama de flujo proceso llenado.

2.4.2 Diagrama P&ID

A continuación, se explicará mediante un diagrama P&ID una ilustración esquemática de la relación funcional de las tuberías, la instrumentación y los componentes de equipo del sistema diseñados para dar solución a los problemas existentes en la planta.

2.4.2.1 Diagrama P&ID proceso purificación



Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-33. Diagrama P&ID proceso purificado.

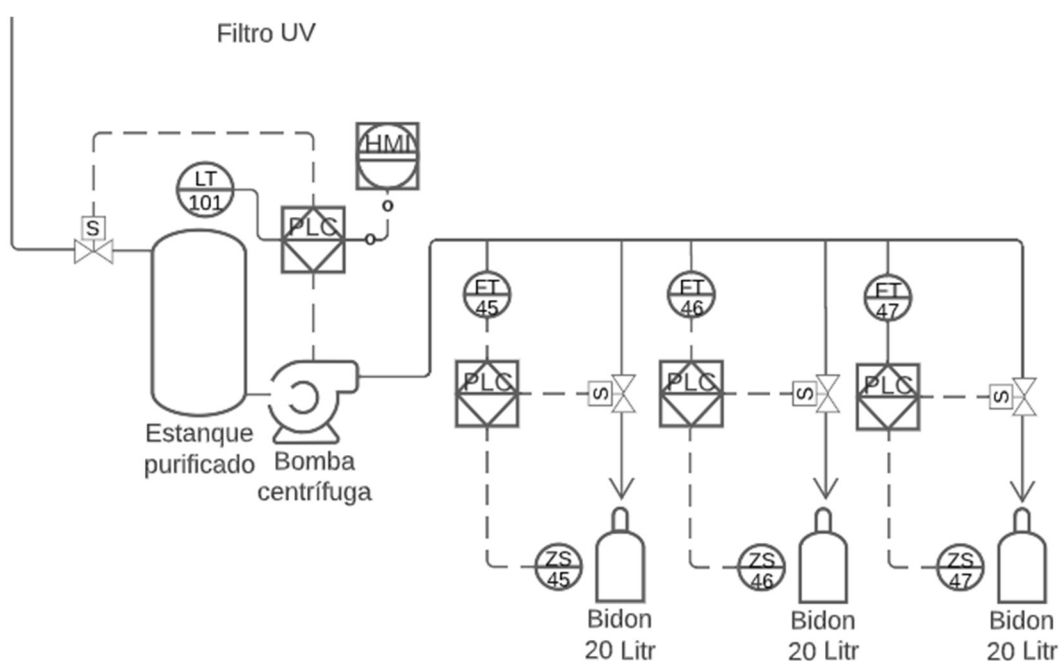
Se iniciará con la explicación de cada símbolo junto con el proceso, arriba a la izquierda se presenta una válvula solenoide el cual es controlada su alimentación eléctrica a través del PLC montado en tablero N.A.O el cual, entrega información a través de un enlace digital [Cable UTP cat5e] a la pantalla HMI montada en una ubicación auxiliar N.A.O, a su vez el PLC controla también la bomba centrífuga con la información entregada por el transmisor de nivel.

Luego de los filtros se observa un indicador de presión [manómetro] y para enviar información al PLC montado en tablero N.A.O el cual entrega información a través de un enlace digital a la pantalla HMI montada en una ubicación auxiliar N.A.O, a su vez el PLC controla también una válvula solenoide con la información entregada por el transmisor de presión.

A continuación del filtro UV, se observa un indicador de caudal o flujo el cual es utilizado para el chequeo de la inspección municipal.

#### 2.4.2.2 Diagrama P&ID proceso llenado

Para poder entender de mejor manera el conexionado y representación en la Pantalla HMI se diseñó un diagrama P&ID para el proceso de purificación.



Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-34. Diagrama P&ID proceso llenado.

Al igual que el diagrama P&ID del proceso de purificación comenzamos de explicando cada símbolo y el proceso, arriba a la izquierda tenemos una válvula solenoide el cual es controlada su alimentación eléctrica a través del PLC montado en tablero N.A.O [normalmente accesible operador] el cual entrega información a través de un enlace digital [Cable UTP cat5e] a

la pantalla HMI montada en una ubicación auxiliar N.A.O, a su vez el PLC controla también la bomba centrífuga con la información entregada por el transmisor de nivel.

Para concluir con el proceso de llenado cada válvula de llenado o solenoide es independiente de sus condiciones y funciones de la misma forma, la cual es la siguiente, cuenta con un interruptor de posición la cual envía una señal eléctrica hacia el PLC indicando o no la existencia del bidón, también se observa un transmisor de flujo o caudal el cual le envía una señal eléctrica al PLC para que el dispositivo convierta dicha señal en datos y así poder controlar la válvula de llenado o solenoide.

### 2.4.3 Diagrama de conexiones al PLC

A continuación, se detalla cual será el conexionado de los dispositivos mencionados con anterioridad al PLC.

Tabla 2-3. Tabla de conexión PLC.

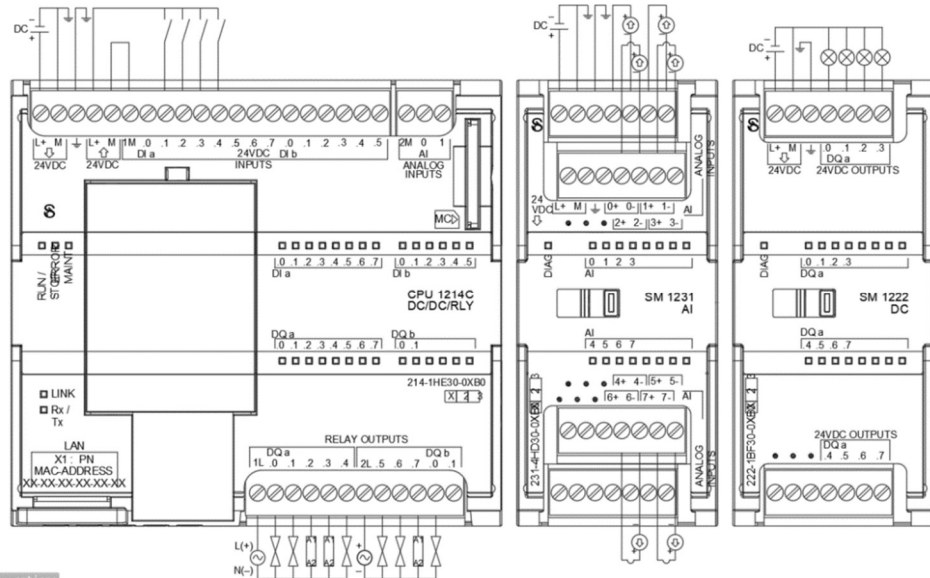
| ENTRADAS DIGITALES (4)          |                                 |            |        |  |                                   |
|---------------------------------|---------------------------------|------------|--------|--|-----------------------------------|
| Elemento                        | Características                 | Conectar a | Equipo | Uso  | Ubicación                         |
| Selector dos posiciones         | 24 Vdc, 10 (A)                  | Ia0.1      | PLC    | Selector para el llenado de bidones de forma Manual o Automático                               | En tablero y Pantalla HMI         |
| Sensor capacitivo bidón 1       | 24 Vdc, 0-10mm lectura, On/Off  | Ia0.2      | PLC    | Detección bidón en posición de llenado   | Mesón acero inoxidable            |
| Sensor capacitivo bidón 2       | 24 Vdc, 0-10mm lectura, On/Off  | Ia0.3      | PLC    | Detección bidón en posición de llenado   | Mesón acero inoxidable            |
| Sensor capacitivo bidón 3       | 24 Vdc, 0-10mm lectura, On/Off  | Ia0.4      | PLC    | Detección bidón en posición de llenado   | Mesón acero inoxidable            |
| ENTRADAS ANALÓGICAS (6)         |                                 |            |        |  |                                   |
| Elemento                        | Características                 | Conectar a | Equipo | Uso  | Ubicación                         |
| Caudalímetro                    | 24 Vdc, 0-10 bar, 4-20mA        | IO.0       | SM1231 | Medir flujo o caudal que circula a través de las 3 válvulas de llenado                         | Zona de llenado                   |
| Caudalímetro                    | 24 Vdc, 0-10 bar, 4-20mA        | IO.1       | SM1231 | Medir flujo o caudal que circula a través de las 2 válvulas de llenado                         | Zona de llenado                   |
| Caudalímetro                    | 24 Vdc, 0-10 bar, 4-20mA        | IO.2       | SM1231 | Medir flujo o caudal que circula a través de las 1 válvulas de llenado                         | Zona de llenado                   |
| Transmisor de nivel ultrasónico | 24 Vdc, 0-5m lectura, 4-20mA    | IO.3       | SM1231 | Medir cantidad de agua purificada que se encuentra en el estanque                              | Arriba del Estanque A. Purificada |
| Transmisor de nivel ultrasónico | 24 Vdc, 0-5m lectura, 4-20mA    | IO.4       | SM1231 | Medir cantidad de agua cruda que se encuentra en el estanque                                   | Arriba del Estanque A. Cruda      |
| Manómetro                       | 24 Vdc, 0-4 bar, 4-20mA         | IO.5       | SM1231 | Medir presión que se encuentra posterior al proceso de filtros                                 | Posterior a los 3 Filtros         |
| SALIDAS DIGITALES (13)          |                                 |            |        |  |                                   |
| Elemento                        | Características                 | Conectar a | Equipo | Uso  | Ubicación                         |
| Válvula solenoide               | 220 Vac, 0.5-15 bar, 1", On/Off | Qa0.0      | PLC    | Permitir/denegar el llenado de agua cruda hacia estanque                                       | Antes del Estanque A. Cruda       |
| Válvula solenoide               | 220 Vac, 0.5-15 bar, 1", On/Off | Qa0.1      | PLC    | Permitir/denegar el llenado de agua purificada hacia estanque                                  | Antes del Estanque A. Purificada  |
| Contactador                     | 220 Vac, 12(A), 3NA+1NC         | Qa0.2      | PLC    | Habilitar el paso de la energía eléctrica hacia la bomba centrífuga del estanque A. Cruda      | Tablero                           |
| Contactador                     | 220 Vac, 12(A), 3NA+1NC         | Qa0.3      | PLC    | Habilitar el paso de la energía eléctrica hacia la bomba centrífuga del estanque A. Purificada | Tablero                           |
| Válvula solenoide               | 220 Vac, 0.5-15 bar, 1", On/Off | Qa0.4      | PLC    | Permitir/denegar el llenado de agua purificada hacia el bidón 1                                | Zona de llenado                   |
| Válvula solenoide               | 220 Vac, 0.5-15 bar, 1", On/Off | Qa0.5      | PLC    | Permitir/denegar el llenado de agua purificada hacia el bidón 2                                | Zona de llenado                   |
| Válvula solenoide               | 220 Vac, 0.5-15 bar, 1", On/Off | Qa0.6      | PLC    | Permitir/denegar el llenado de agua purificada hacia el bidón 3                                | Zona de llenado                   |
| Contactador                     | 220 Vac, 12(A), 3NA+1NC         | Qa0.7      | PLC    | Habilitar el paso de la energía eléctrica hacia la bomba centrífuga de alta presión            | Tablero                           |
| Válvula solenoide               | 220 Vac, 0.5-15 bar, 1", On/Off | Qb0.0      | PLC    | Proteger los filtros en caso de que se active la bomba de alta y tener baja presión            | Posterior a los 3 Filtros         |
| Luz Piloto                      | 24 Vdc, On/Off                  | Qa0.0      | SM1222 | Indicador visual cuando el nivel Agua cruda sea bajo   | En tablero y Pantalla HMI         |
| Luz Piloto                      | 24 Vdc, On/Off                  | Qa0.1      | SM1222 | Indicador visual cuando el nivel Agua cruda sea alto   | En tablero y Pantalla HMI         |
| Luz Piloto                      | 24 Vdc, On/Off                  | Qa0.2      | SM1222 | Indicador visual cuando el nivel Agua purificada sea bajo                                      | En tablero y Pantalla HMI         |
| Luz Piloto                      | 24 Vdc, On/Off                  | Qa0.3      | SM1222 | Indicador visual cuando el nivel Agua purificada sea alto                                      | En tablero y Pantalla HMI         |

Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Como se explicó anteriormente se utilizará un módulo de entradas analógicas [\[SM 1231\]](#) y un módulo de salidas digitales [\[SM 1222\]](#) para cumplir con los requerimientos de diseño ya que se utilizarán 4 entradas digitales, 6 entradas analógicas y 13 salidas digitales.

Para controlar las válvulas solenoide y las bombas se utilizarán las salidas digitales del PLC ya que la al alimentar las bobinas a y b de las salidas digitales con 220 [Vac] cada salida digital al ser activada entregara una línea alimentación. Y para controlar las luces piloto de 24 [Vdc] que estarán montadas en el tablero se utilizara el módulo SM 1222 y se alimentara la bobina a con 24 [Vdc].

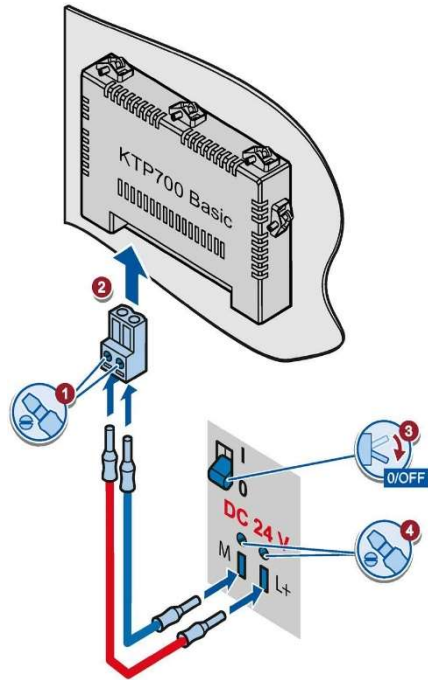
Para poder comprender la tabla de conexión del PLC de mejor manera se mostrará como deben estar conectados los dispositivos hacia el PLC S7-1200 Dc/Dc/Rly y los módulos.



Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-35. Diagrama conexión PLC.

| SIMBOLOGÍA |   |
|------------|---|
|            | CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO<br>SELECTOR – SENSOR CAPACITIVO                        |
|            | FUENTE DE PODER 24 (V) VOLTAJE CONTINUO   |
|            | TIERRA DE PROTECCIÓN  |
|            | SEÑAL ANALÓGICA DE DISPOSITIVO<br>TRANSMISOR DE NIVEL – CAUDALÍMETRO –<br>MANÓMETRO |
|            | LUZ PILOTO LED 24V  |
|            | INTERRUPTOR 9/32, LINEA COLOR A DEFINIR<br>POR ARQUITECTURA h : 1,2 m               |
|            | VÁLVULA SOLENOIDE 220 (V)   |
|            | CONTACTOR 220 (V) 3NA + 1NC   |

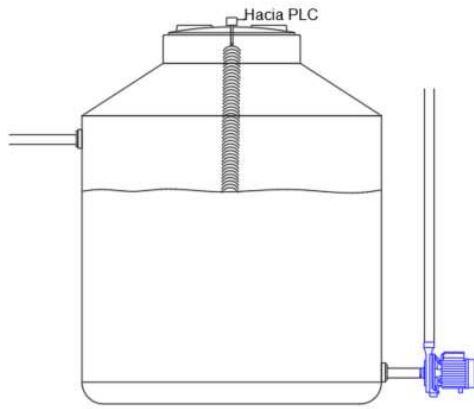


Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-36. Simbología y Conexión Pantalla HMI.

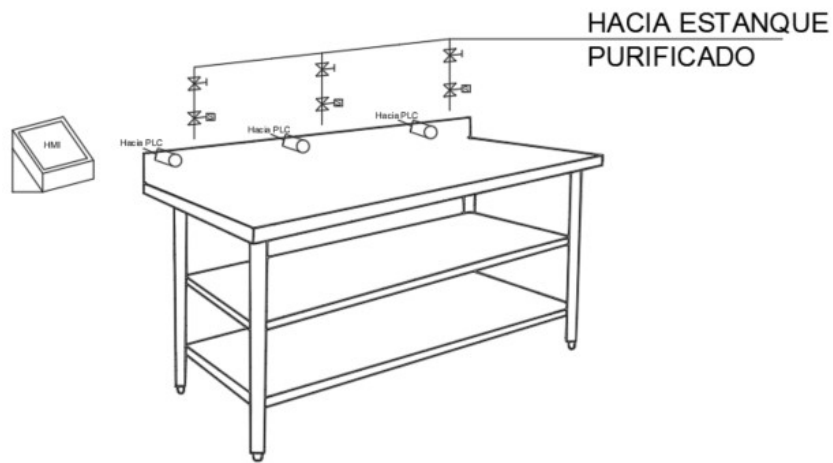
2.4.4 Ubicación propuesta de los dispositivos

Para poder controlar el nivel de llenado del estanque, se propone instalar el transmisor de nivel ultrasónico arriba del estanque, como se muestra en la siguiente figura.



Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto  
 Figura 2-37. Ubicación propuesta transmisor de nivel ultrasónico.

Para el caso de los sensores capacitivos como se cambiará el mesón existente de trabajo a un mesón de acero inoxidable se propone ubicar los sensores capacitivos en la parte trasera del mesón donde se ubican los bidones de 20 litros. Y se propone cambiar de ubicación el tablero eléctrico debido a que se modificará el tamaño y al agregar nuevos dispositivos la ubicación actual del tablero trae consecuencias de espacio y normativas.



Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto  
 Figura 2-38. Ubicación propuesta sensores capacitivo.



Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto  
 Figura 2-39. Planta purificadora diseñada.

## 2.4.5 Programación TIA Portal V15.

### 2.4.5.1 Variables de entrada y salida

A continuación, se presentará las variables de entrada y salida de la programación.

| Variables PLC |                               |               |           |            |
|---------------|-------------------------------|---------------|-----------|------------|
|               | Nombre                        | Tipo de datos | Dirección | Remanencia |
|               | StartLlenado                  | Bool          | %I0.1     | False      |
|               | SensorBidon1                  | Bool          | %I0.2     | False      |
|               | SensorBidon2                  | Bool          | %I0.3     | False      |
|               | SensorBidon3                  | Bool          | %I0.4     | False      |
|               | Caudalimetro V1               | Word          | %IW4      | False      |
|               | Caudalimetro V2               | Word          | %IW6      | False      |
|               | Caudalimetro V3               | Word          | %IW8      | False      |
|               | NivelEstanquePurificado       | Word          | %IW10     | False      |
|               | NivelEstanqueCrudo            | Word          | %IW12     | False      |
|               | Manometro Filtros             | Word          | %IW14     | False      |
|               | V.Llenado AguaCruda           | Bool          | %Q0.0     | False      |
|               | V.Llenado AguaPurificada      | Bool          | %Q0.1     | False      |
|               | BombaAguaCruda                | Bool          | %Q0.2     | False      |
|               | BombaAguaPurificada           | Bool          | %Q0.3     | False      |
|               | Valvula1                      | Bool          | %Q0.4     | False      |
|               | Valvula2                      | Bool          | %Q0.5     | False      |
|               | Valvula3                      | Bool          | %Q0.6     | False      |
|               | BombaAlta.Purificacion        | Bool          | %Q0.7     | False      |
|               | ValvulaPurificacion           | Bool          | %Q1.0     | False      |
|               | LSL AguaCruda                 | Bool          | %Q1.1     | False      |
|               | LSH AguaCruda                 | Bool          | %Q1.2     | False      |
|               | LSL AguaPurificada            | Bool          | %Q1.3     | False      |
|               | LSH AguaPurificada            | Bool          | %Q1.4     | False      |
|               | MstartLlenado                 | Bool          | %M0.0     | False      |
|               | LuzCauV1                      | Bool          | %M0.4     | False      |
|               | LuzCauV2                      | Bool          | %M0.5     | False      |
|               | LuzCauV3                      | Bool          | %M0.6     | False      |
|               | STOPEMERGENCIA                | Bool          | %M0.7     | False      |
|               | MSTOPEMERGENCIA               | Bool          | %M1.0     | False      |
|               | MOKSTOP                       | Bool          | %M1.1     | False      |
|               | LuzMantencion                 | Bool          | %M1.4     | False      |
|               | Filtros Listos                | Bool          | %M1.6     | False      |
|               | Filtros en Mantencion         | Bool          | %M1.7     | False      |
|               | PulsoContadorFiltroySal       | Bool          | %M4.0     | False      |
|               | Osmosis y Valvulas Listo      | Bool          | %M4.1     | False      |
|               | Osmosis y Valvulas Mant       | Bool          | %M4.2     | False      |
|               | PulsoContadorOsmosisyValvulas | Bool          | %M4.3     | False      |
|               | PulsoPruebasElec.             | Bool          | %M4.4     | False      |
|               | Pruebas Electricas Listas     | Bool          | %M4.5     | False      |
|               | Realizando Pruebas Electricas | Bool          | %M4.6     | False      |
|               | EstadoCauV1 (l/m)             | Bool          | %M4.7     | False      |
|               | EstadoCauV2 (l/m)             | Bool          | %M5.0     | False      |
|               | EstadoCauV3 (l/m)             | Bool          | %M5.1     | False      |
|               | TiempoUso3Filtros             | Int           | %MW8      | False      |
|               | MNorXyScaleX V1               | Real          | %MD10     | False      |
|               | CauV1 (l/m)                   | Real          | %MD12     | False      |
|               | MNorXyScaleX V2               | Real          | %MD14     | False      |
|               | CauV2 (l/m)                   | Real          | %MD16     | False      |
|               | MNorXyScaleX V3               | Real          | %MD18     | False      |
|               | CauV3 (l/m)                   | Real          | %MD20     | False      |
|               | MNorXyScaleX 3Fil             | Real          | %MD22     | False      |
|               | ManFiltros(bar)               | Real          | %MD24     | False      |
|               | MNorXyScaleX Nivel E.C        | Real          | %MD30     | False      |
|               | LitrosEstanqueCrudo           | Real          | %MD32     | False      |
|               | MNorXyScaleX Nivel E.P        | Real          | %MD34     | False      |
|               | LitrosEstanquePurificado      | Real          | %MD36     | False      |
|               | Plantapurificadora            | Int           | %MW40     | False      |
|               | Plantallenedora               | Int           | %MW42     | False      |

| Nombre                       | Tipo de datos | Dirección | Remanencia |
|------------------------------|---------------|-----------|------------|
| DiasUsoFiltros               | Int           | %MW44     | False      |
| DiasUsoFiltroySal            | Int           | %MW48     | False      |
| TiempoUsoFiltroySal          | Int           | %MW52     | False      |
| TiempoUso Osmosis y Valvulas | Int           | %MW54     | False      |
| Filtro y Sal Mantenc         | Bool          | %M55.0    | False      |
| DiasUsoOsmosisyValvulas      | Int           | %MW56     | False      |
| TiempoUltimasPruebasElec     | Int           | %MW60     | False      |
| DiasPruebasElectricas        | Int           | %MW62     | False      |
| Filtro y Sal Listo           | Bool          | %M66.0    | False      |
| Memoria ManFiltro            | Int           | %MW70     | False      |
| PulsoContador3Filtros        | Bool          | %M99.0    | False      |
| Tiempo Llenado Bidon V1      | Time          | %MD100    | False      |
| Tiempo Llenado Bidon V2      | Time          | %MD104    | False      |
| Tiempo Llenado Bidon V3      | Time          | %MD108    | False      |

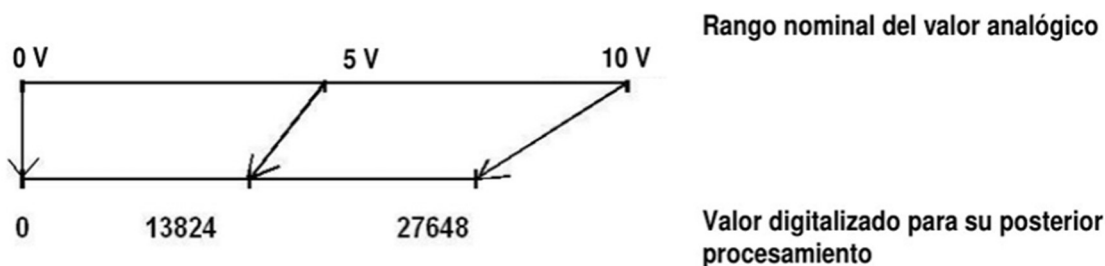
Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-40. Variables del PLC.

Como se observa en la tabla de variables del PLC existen diferentes tipos de datos y dirección, los datos tipo Bool son valores de 1 o 0 [Verdadero o Falso] de 1 [bit], los datos tipo Word son valores de 0 a 65535 [-32768 a 32767] de 18 [bits], los datos Int son valores de -32768 a 32767 de 18 [bits], los datos tipo Real son valores con números decimales de 32 [bits], los datos tipo Time son valores de tiempo o fecha de 32 bits.

#### 2.4.5.2 Bloques de programa

A continuación, se explicará brevemente los segmentos de la programación del PLC. Es importante destacar que el PLC S7-1200 posee dos entradas analógicas integradas de voltaje con un rango de 0 a 10 [V], con una resolución de 10 [bits] y un rango total de 0 a 27648.

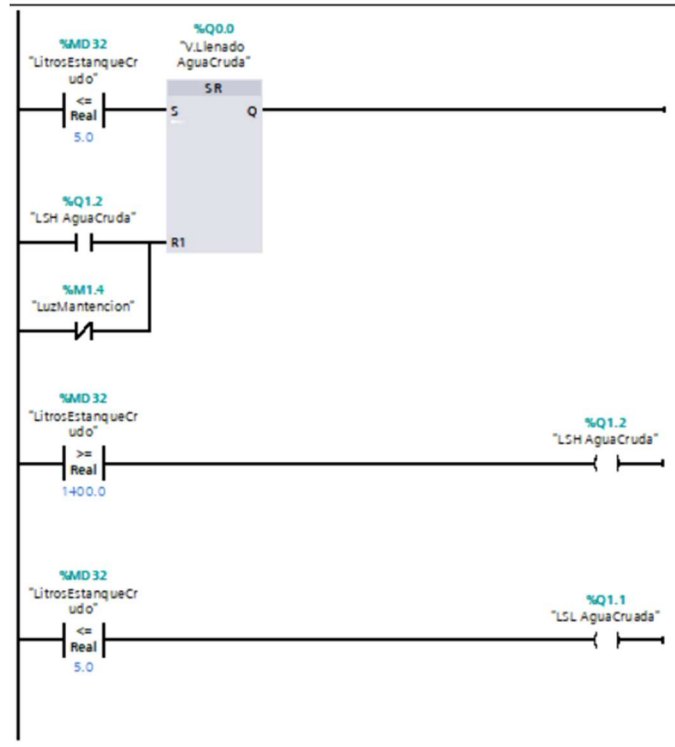


Fuente: <https://new.siemens.com/es/es/productos/automatizacion/sce/documentacion-didactica.html>

Figura 2-41. Valor digitalizado de entradas de voltaje integradas del PLC S7-1200.

##### 2.4.5.2.1 Segmento 1: Llenado estanque agua cruda

Para realizar el llenado de estanque de agua cruda se realizó la siguiente programación con el programa TIA PORTAL.



Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

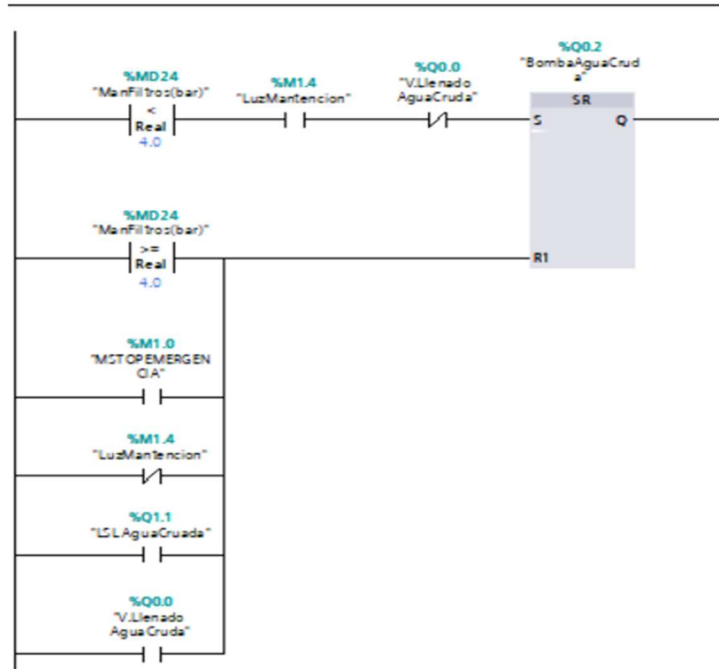
Figura 2-42. Segmento 1 Llenado estanque agua cruda.

Durante la programación se utilizó mucho el comando SR para poder activar o desactivar una variable o memoria o salida,

En este caso se utilizó un SR [Set/Reset] para activar/desactivar la válvula de llenado que conecta directamente con el agua cruda o agua de casa, para activar esta válvula es necesario que el nivel del estanque sea menor o igual a los 5 litros de agua, para ser desactivada la válvula existen 2 limitaciones, la primera es que el estanque se llene y la otra es que algunas mantenciones no están al día o se estén ejecutando. Para poder saber cuándo el nivel de agua del estanque es superior o inferior se utilizaron comparadores cuando el nivel sea menor o igual a 5 litros se activará la salida Q1.1, en cambio cuando el nivel del estanque sea mayor o igual a 1400 litros se activará la salida Q1.2.

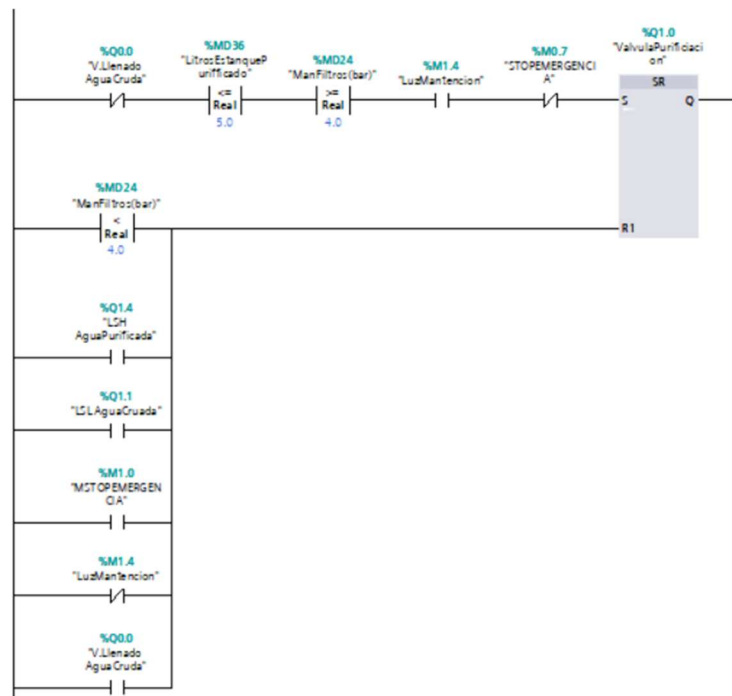
#### 2.4.5.2.2 Segmento 2: Control sistema de purificación

Para realizar el llenado de estanque de agua purificada en el estanque y controlar el proceso de purificación se realizó la siguiente programación con el programa TIA PORTAL.



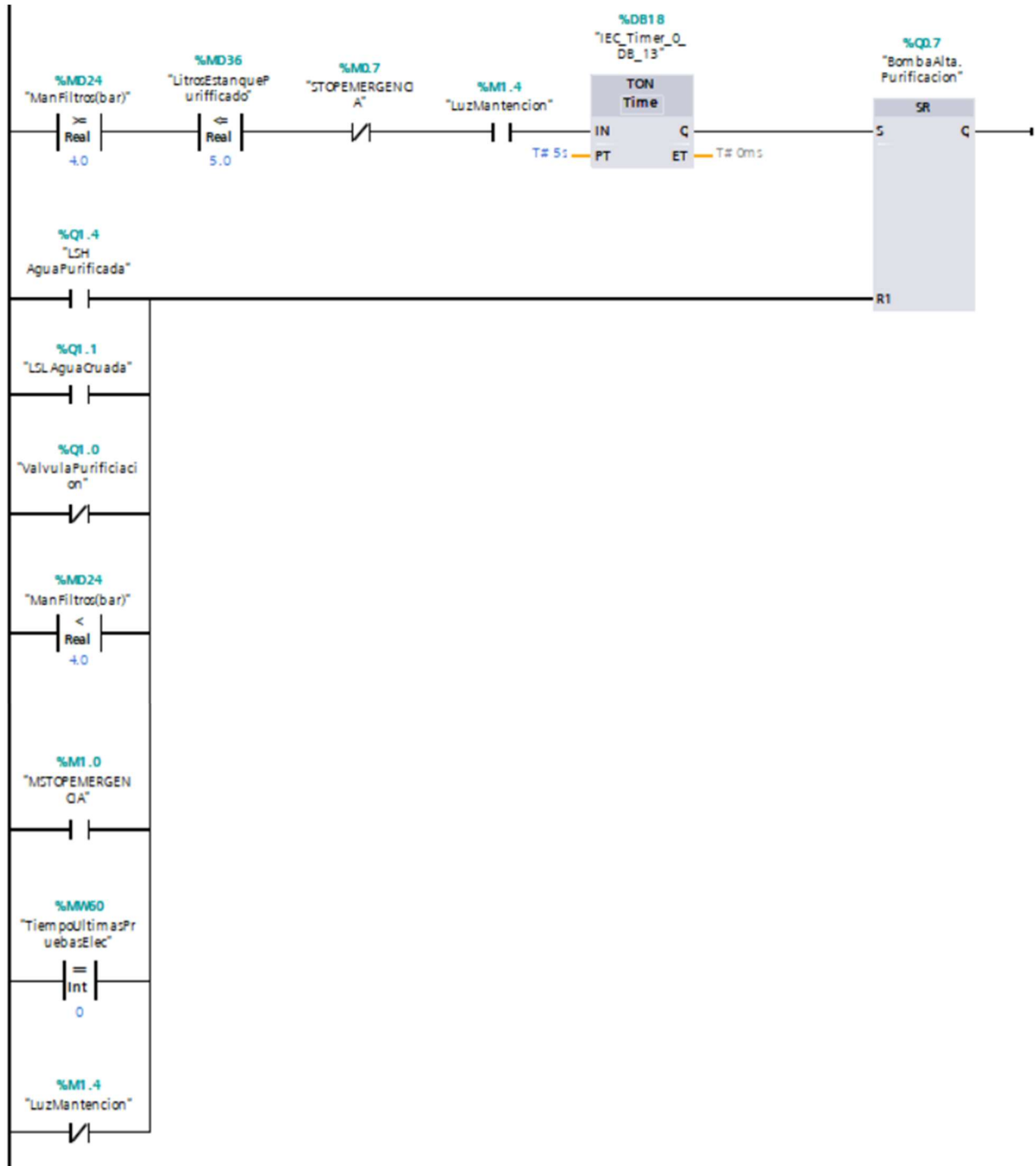
Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto  
 Figura 2-43. Segmento 2 Control sistema de purificación lámina 1.

Al igual que el segmento pasado y mediante un SR se activa o desactiva el contactor que energiza la bomba centrífuga para obtener agua cruda desde el estanque hacia el proceso, siempre y cuando la presión no sea menor a 4 bar, las mantenciones de la planta se encuentren al día y no se esté llenando el estanque o este activada la válvula de llenado. La bomba se desactiva cuando la presión es mayor o igual a 4 bar, exista una emergencia activada desde la pantalla HMI o pulsador en tablero o el estanque tenga bajo nivel de líquido.



Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto  
 Figura 2-44. Segmento 2 Control sistema de purificación lámina 2.

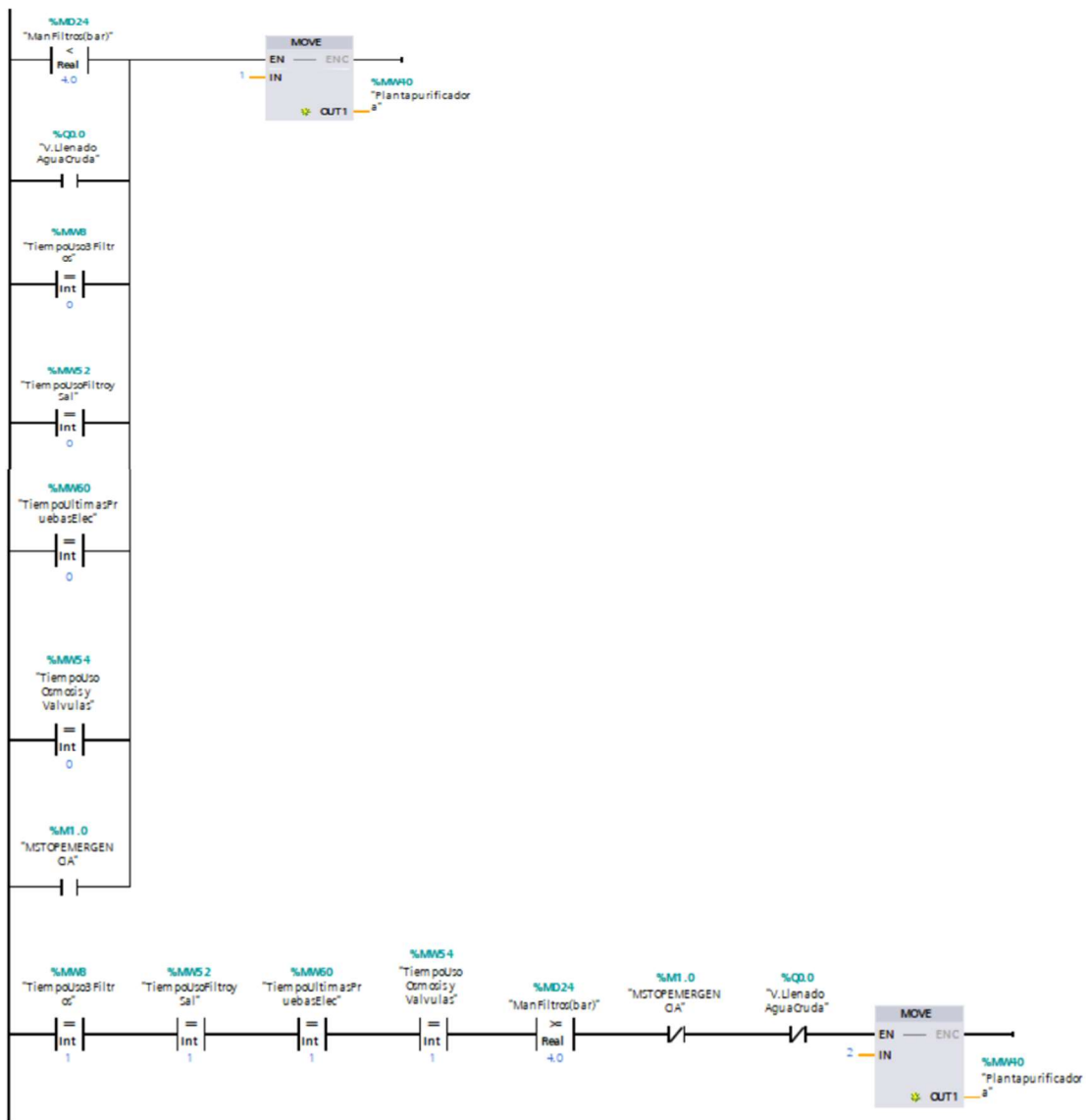
La instrucción SR activa o desactiva la válvula existente que previene que los filtros absorban en seco y fallen, son activados siempre y cuando el estanque no este llenándose, el nivel de líquido no sea menor o igual a 5 litros, la presión sea mayor o igual a 4 bar, las mantenciones se encuentren al día y no exista ninguna emergencia en la planta accionada en la pantalla HMI u oprimiendo el pulsador en el tablero. Las limitaciones que tiene la válvula para apagarse o no encender son cuando el estanque de agua purificada llegue a su alto nivel de líquido [1400 litros], el estanque de agua cruda se encuentre con el mínimo nivel de líquido.



Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto  
 Figura 2-45. Segmento 2 Control sistema de purificación lámina 3.

La bomba de alta purificación es accionada mediante un SR el cual es activado siempre y cuando la presión que se encuentre antes de los filtros y/o que llega a la bomba de alta sea mayor o igual a 4 bares, la cantidad de agua que se encuentre en el estanque de agua cruda sea menor o igual a 5 litros, no este activado el stop de emergencia y estén todas las mantenciones al día, de cumplirse los requisitos al pasar 5 segundos que son seleccionados para que la bomba deje pasar agua y permita llenar la membrana del proceso de osmosis de lo contrario puede pasar que al activar de inmediato la bomba al tener aire y que la bomba inyecte presión puede hacer que el sistema de osmosis inversa se reviente.

Para poder apagar la bomba de alta presión, el estanque de agua purificada debe estar lleno o hasta el límite superior seleccionado, el estanque de agua cruda debe estar vacío o hasta el límite inferior seleccionado, la válvula después de los filtros debe estar abierta, la presión que se encuentra en la bomba debe ser inferior a 4 bares, que no estén al día las mantenciones o se esté ejecutando pruebas eléctricas.



Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

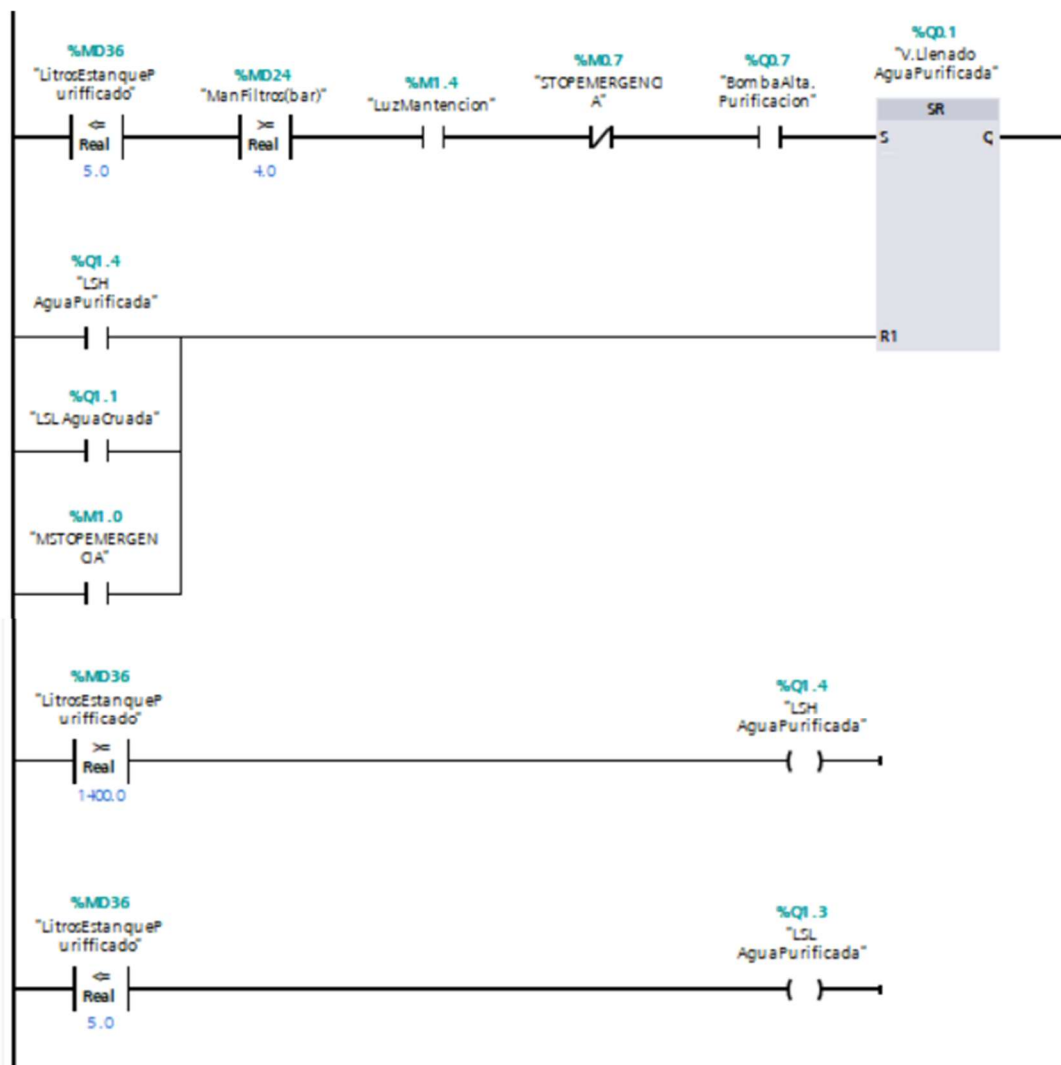
Figura 2-46. Segmento 2 Control sistema de purificación lámina 4.

Para poder tener una visual de funcionamiento del proceso de purificación en las diferentes imágenes de la pantalla HMI, se utilizará la variable "Plantapurificadora" para darle valores de 0 [Off] o 1 [On] cuando sea dependiendo si se cumplen las condiciones.

Para que la planta purificadora esté funcionando de manera correcta y en óptimas condiciones deben estar las mantenciones al día, el manómetro ubicado después de los filtro debe estar midiendo más menos 4 bares, no debe estar activado el stop de emergencia ubicado en el tablero y pantalla HMI y la válvula de llenado de agua cruda debe estar apagado, es decir el estanque debe tener líquido, al cumplirse todos los requerimientos en la pantalla HMI el proceso de purificación esta correcto el cual se indicara con una luz verde de no cumplirse alguna limitaciones la bomba no estará en óptimas condiciones por lo cual se indicara con una luz roja.

2.4.5.2.3 Segmento 3: Llenado Estanque Agua Purificada

Para realizar el llenado de estanque de agua purificada en el estanque y controlar el proceso de purificación se realizó la siguiente programación con el programa TIA PORTAL.



Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-47. Segmento 3 Llenado Estanque Agua Purificada.

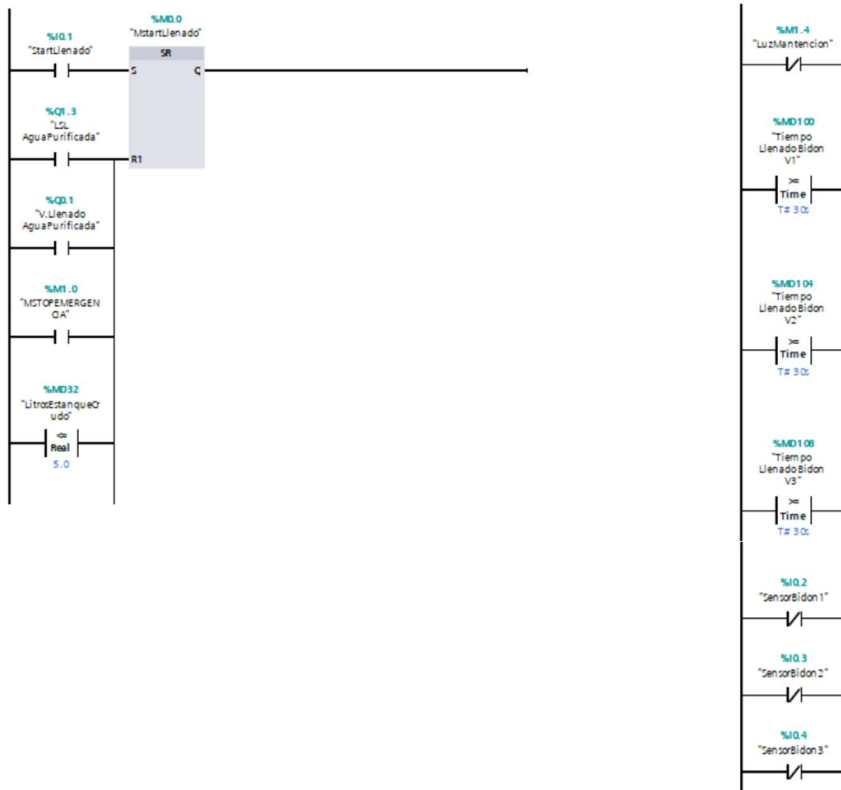
Para poder controlar la válvula de llenado del estanque de agua purificada se utilizará un SR, cuando la cantidad de agua purificada del estanque sea menor o igual a 5 litros, la presión que mida el transmisor sea mayor o igual a los 4 bares, las mantenciones se encuentren al día, no este accionado el stop de emergencia y la bomba de alta se encuentre activada. Es decir, cuando se active la bomba de alta se activará la válvula de llenado.

Para desactivar o cerrar la válvula se debe activar el límite superior seleccionado del estanque de agua purificada, la cantidad de agua cruda del estanque debe ser menor a 5 litros para así activar el límite inferior seleccionado y no se debe activar el stop de emergencia.

Para activar y/o desactivar los límites inferiores y/o superiores se puede utilizar sensores físicos directamente o como se usó en este caso, no modificar los estanques y aprovechar el sensor de llenado. Cuando el estanque de agua purificada tenga 1400 litros o más se activará el límite superior, en cambio cuando tenga 5 litros o menos de activar el límite inferior.

2.4.5.2.4 Segmento 4: Control Sistema llenado.

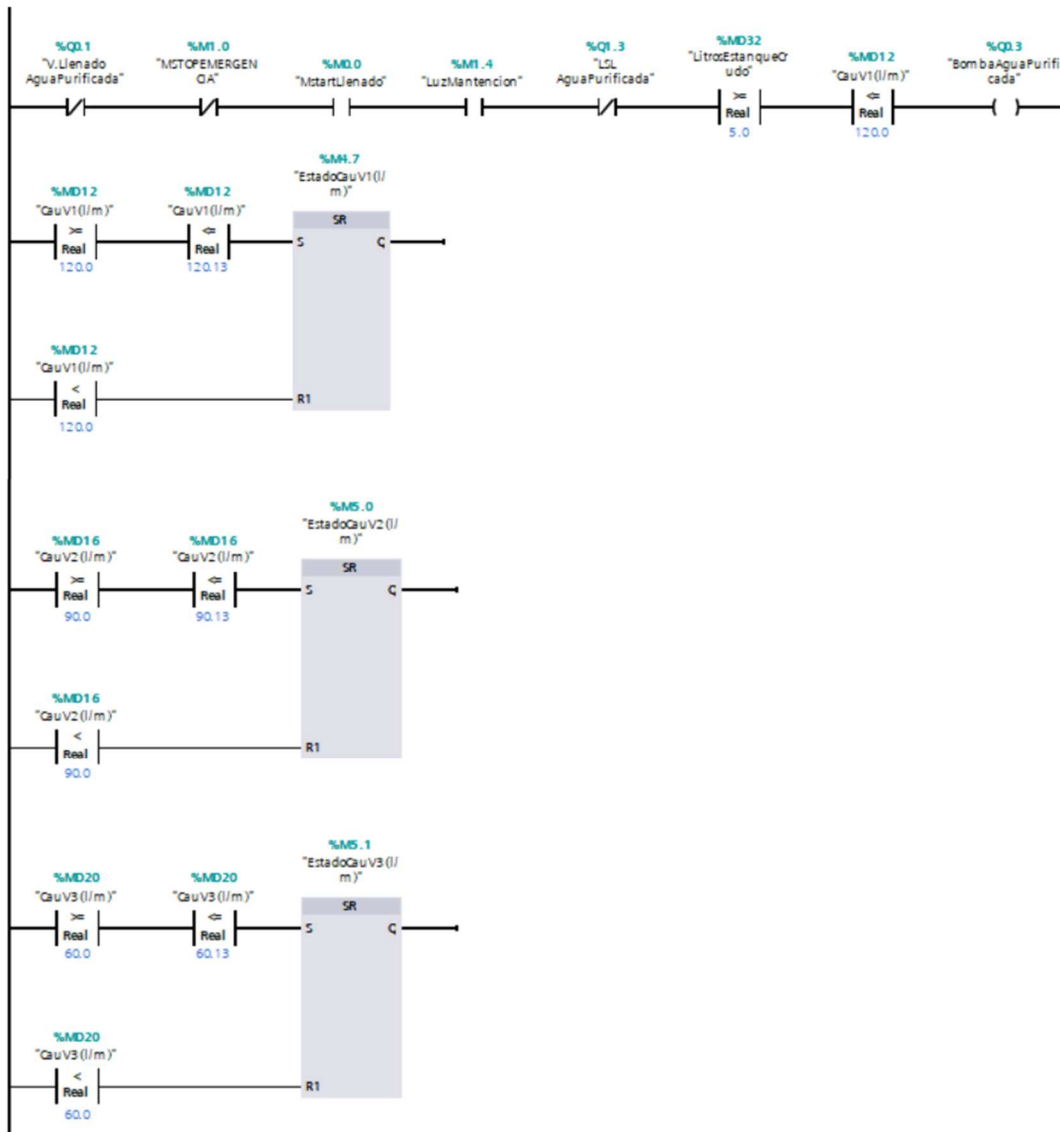
Para realizar el llenado de bidones de agua se realizó la siguiente programación con el programa TIA PORTAL.



Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-48. Segmento 4 Control Sistema llenado lámina 1.

El comienzo del proceso de llenado de bidones será mediante una pulsador Start NA que se encontrará en la pantalla HMI que tiene por nombre de varial "StartLlenado" el cual activará una memoria "MstartLlenado", esta memoria se desactivara cuando el estanque de agua purificada se encuentre en el límite inferior o bajo de él, cuando la válvula de llenado del estanque de agua purificada se encuentre activado debido a que el proceso de purificación y el de llenado se ejecutará siempre y cuando el estanque este lleno hasta que realice el vacío, luego se llena hasta el límite superior y se puede continuar, también se desactivará si se activa el stop de emergencia, las mantenciones no se encuentran al día, los tiempos de los bidones sobrepasan los 30 segundos de llenado y si algún bidón no se encuentra en su posición, en el caso de querer llenar 1 solo bidón o 2 bidones, se deberá cerrar la válvula manual que se encontrará antes a la válvula solenoide de llenado.

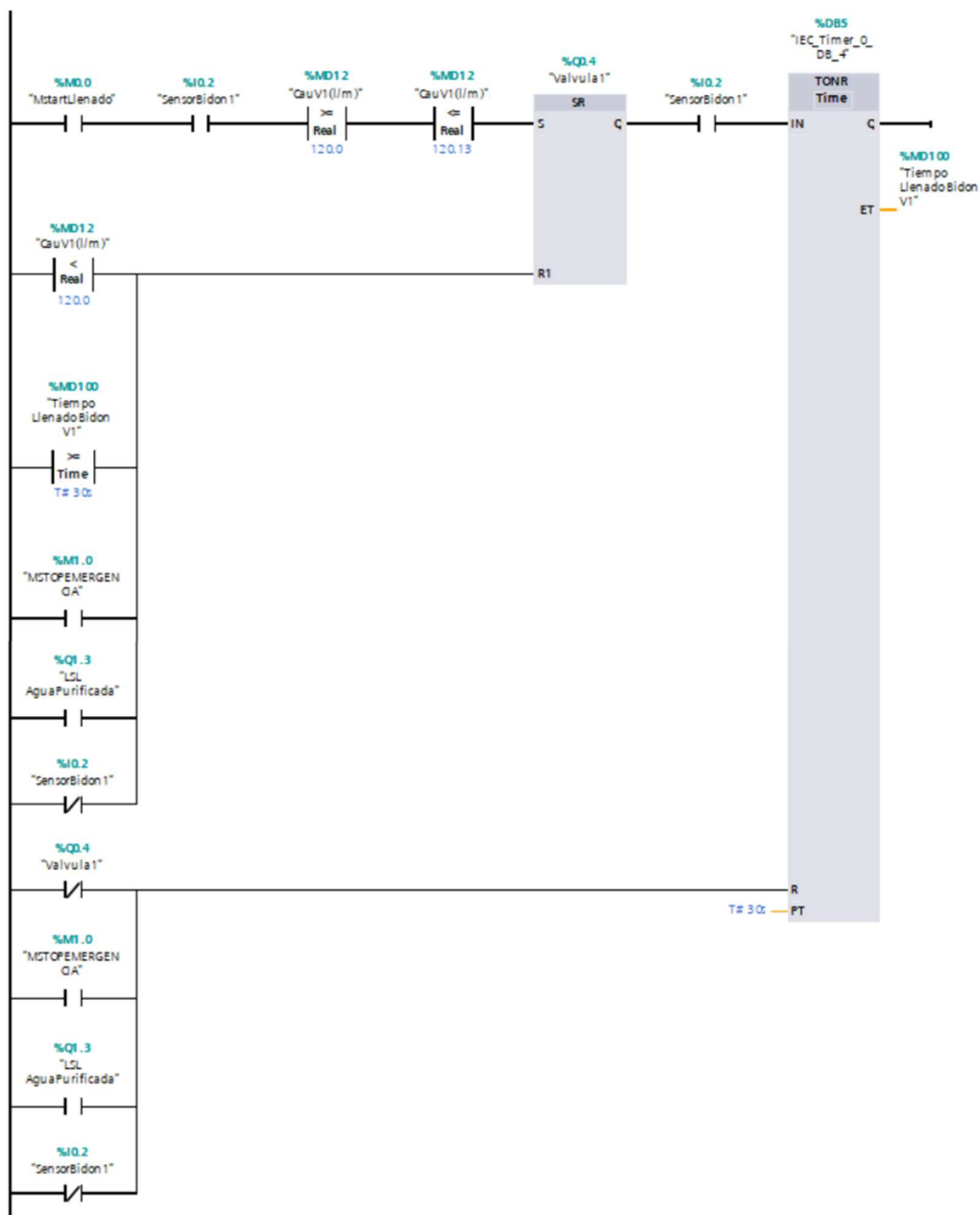


Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-49. Segmento 4 Control Sistema Llenado lámina 2.

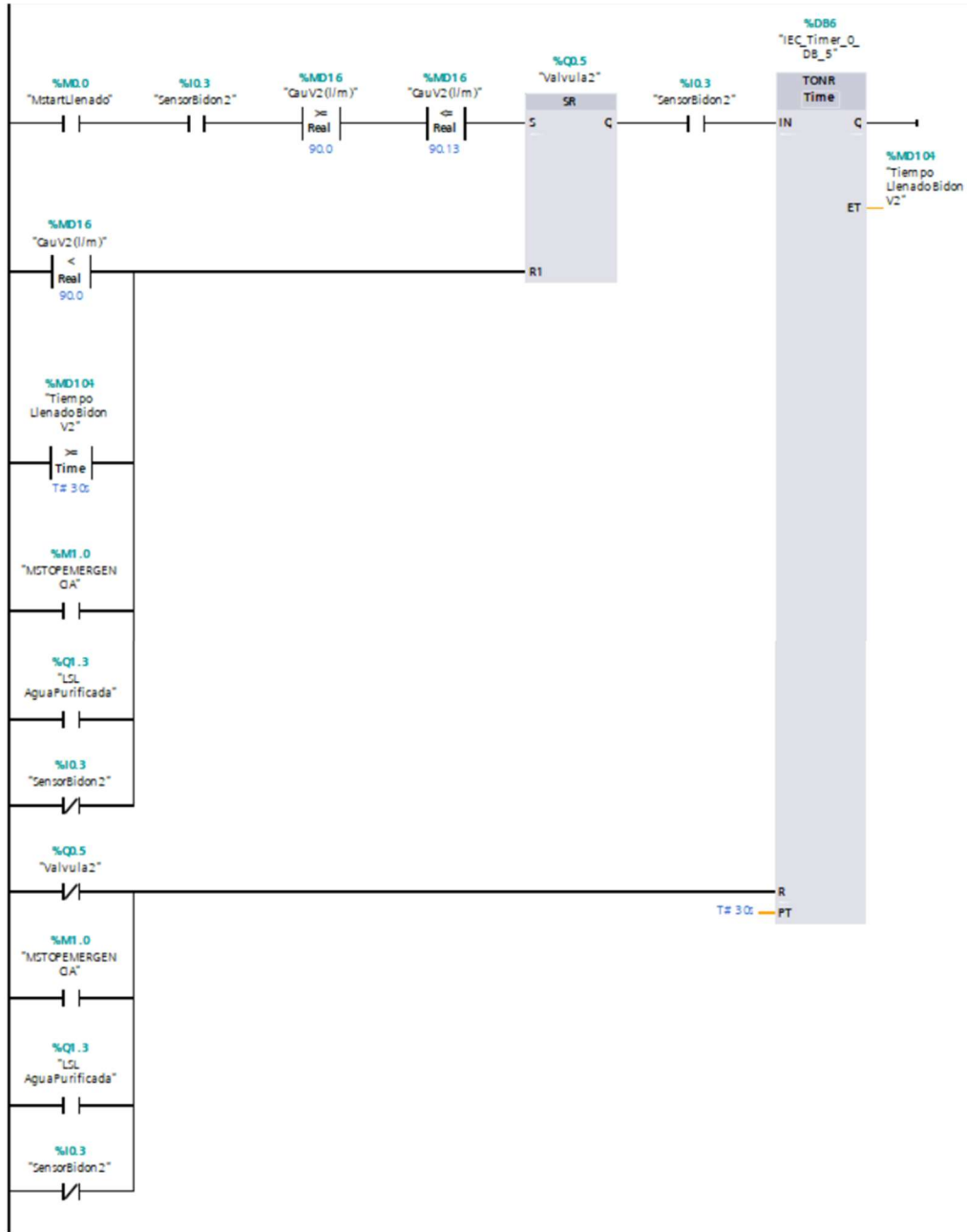
Para poder encender la bomba purificadora que impulsa el agua hacia el proceso de llenado se debe cumplir los siguientes requerimientos, no debe estar activada la válvula de llenado de agua purificada, no debe estar activado el stop de emergencia, debe activarse la memoria Start mediante la pantalla HMI, que las mantenciones se encuentren al día, que el estanque de agua purificada se encuentre con líquido y que el caudal sea menor a 120 litros/ minutos para así activar la bomba.

Para tener un control más visual de la planta se utilizará un SR para controlar en encendido y apagado de las lucen en la pantalla HMI siempre y cuando se cumplan los requerimientos de que los valores leídos de caudal se encuentren dentro de los límites seleccionados.



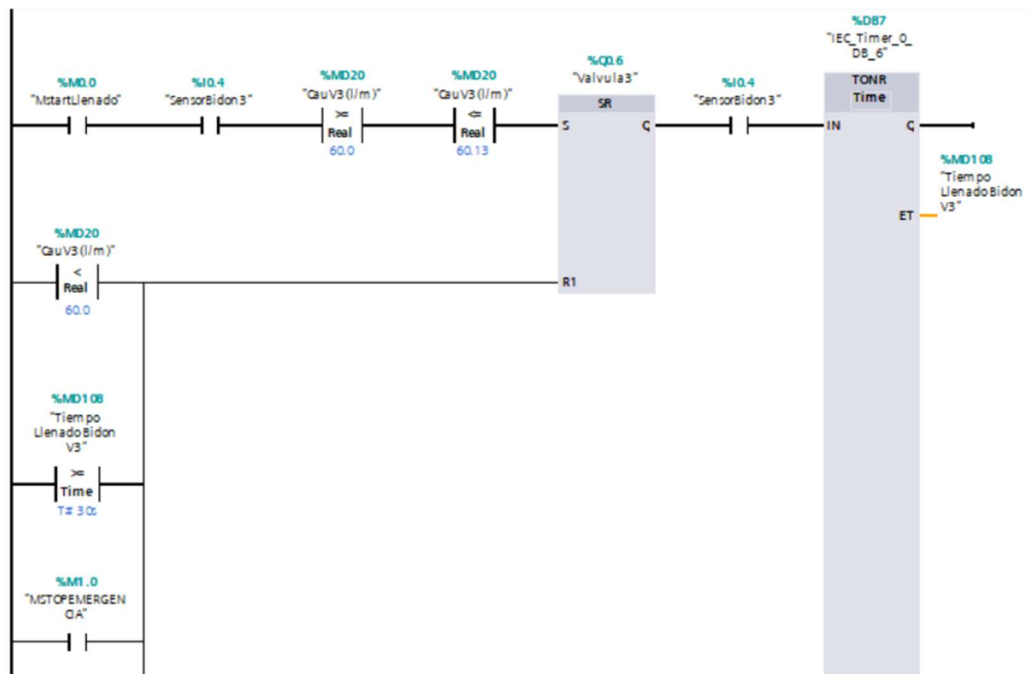
Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-50. Segmento 4 Control Sistema Llenado lámina 3.



Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-51. Segmento 4 Control Sistema Llenado lámina 4.





Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-52. Segmento 4 Control Sistema Llenado lámina 5.

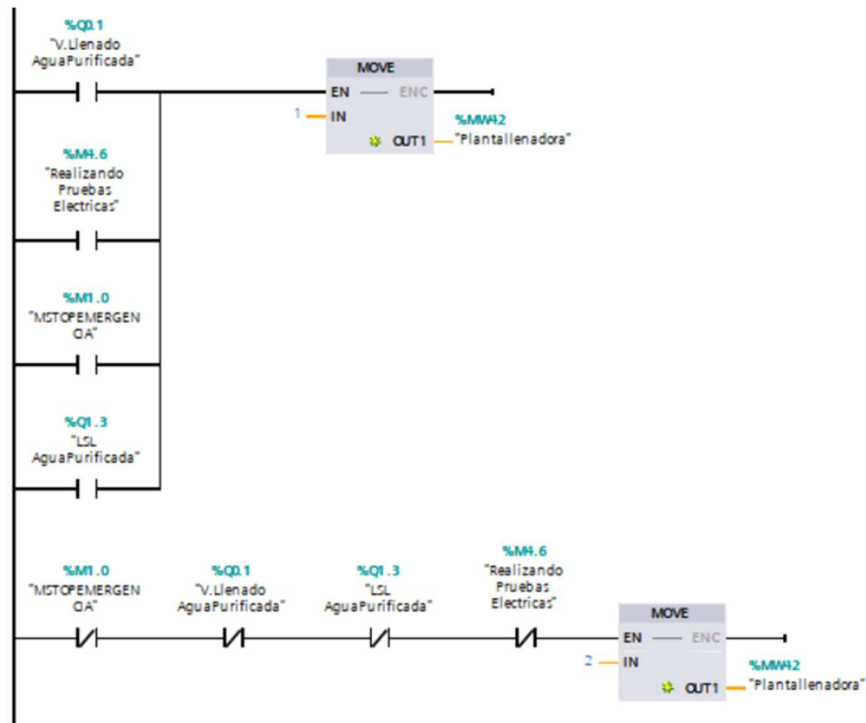
Para poder controlar las válvulas de llenado de bidones de agua purificada, se repite la misma configuración para las 3 válvulas cambio la variable dependiendo la válvula de llenado.

Para activar la válvula se debe dar el inicio en la pantalla HMI, debe estar el bidón ubicado en su respectiva posición, la lectura de la transmisión de caudal debe estar dentro de los valores seleccionados, luego se usó nuevamente un contacto abierto del sensor de bidón para controlar el tiempo de funcionamiento y no siga contando en el caso hipotético de que se retiró el bidón.

Al momento de que comienza a llenarse luego de 30 segundos que son el tiempo en el que se demora en llenar el bidón, tiempo estudiado y obtenido con la experiencia del dueño

La válvula se cierra cuando el caudal es menor a lo especificado, pasan los 30 segundos de llenado, se acciona el stop de emergencia, el nivel del estanque purificado es menor o igual al seleccionado o se desactivo el sensor de detección de bidón.

El temporizador se detiene cuando la válvula se cierra, cuando se activa el stop de emergencia, cuando el nivel del estanque purificado es menor o igual al seleccionado o se desactivo el sensor de detección de bidón o se desactivo el sensor de detección de bidón.



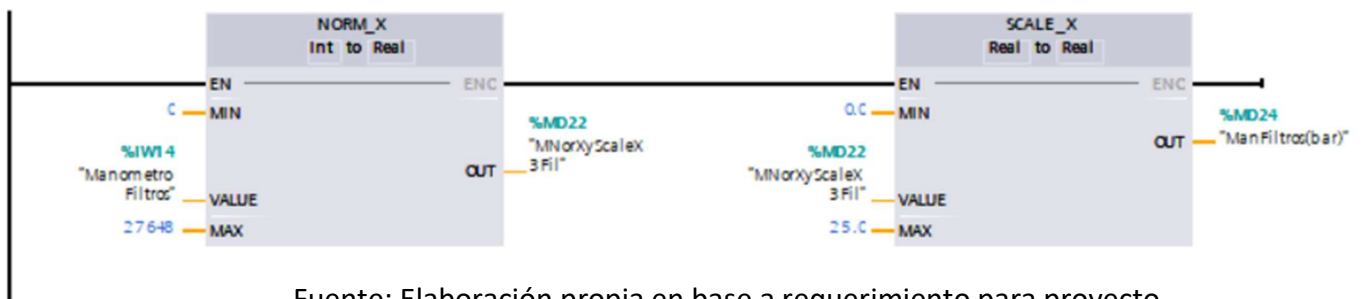
Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-53. Segmento 4 Control Sistema llenado lámina 6.

Al igual como se ha diseñado los segmentos anteriores, para tener un mayor control visual en la pantalla HMI se crearon la variable “Plantallenedora” para indicar en la pantalla con rojo cuando es 1 quiere decir que no está funcionando en óptimas condiciones la plata llenadora y en verde cuando es 2 quiere decir que está funcionando en óptimas condiciones la plata llenadora.

2.4.5.2.5 Segmento 5: Manómetros mA -> bar

Para realizar la conversión de la lectura del transmisor de presión a bar se realizó la siguiente programación con el programa TIA PORTAL.



Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

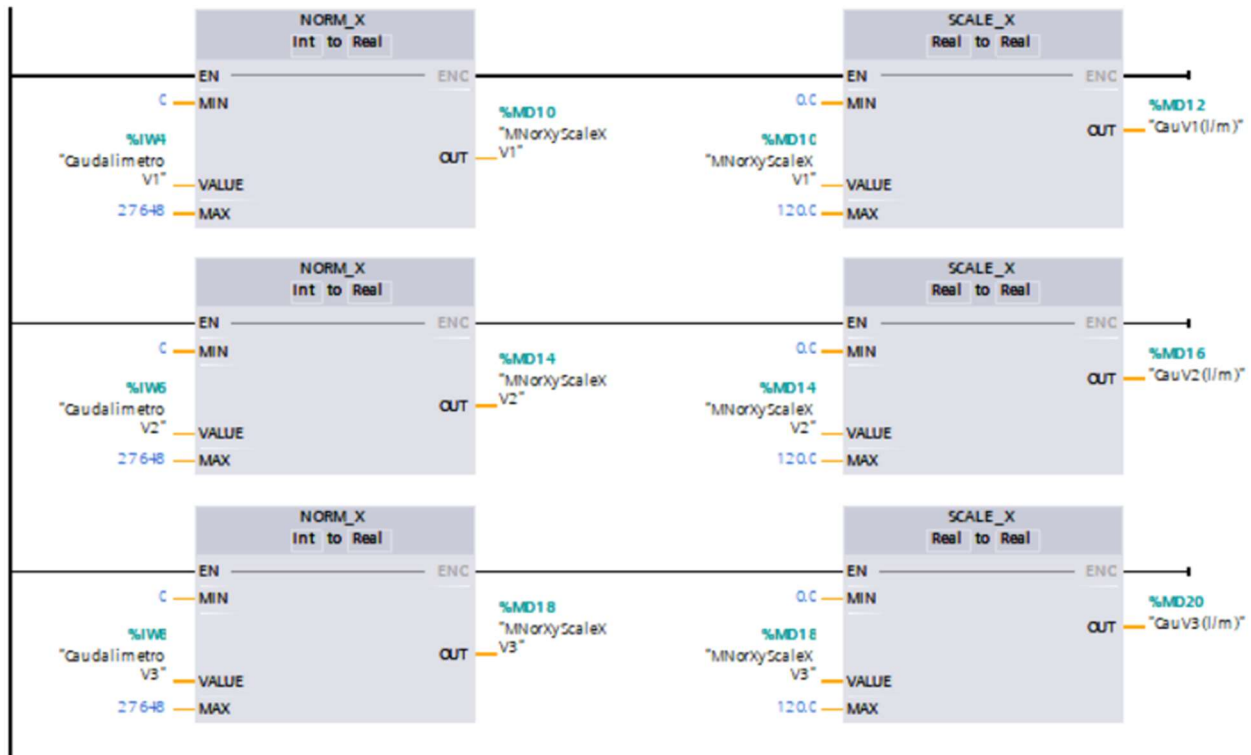
Figura 2-54. Segmento 5 Conversión señal transmisor de presión.

Como se explicó anteriormente el funcionamiento del Norm\_X y del Scale\_X, el trasmisor de presión convierte valores de 4 – 20 mA y de 0 a 25 bar y el PLC lee valores de 0 a 27648, para

que el PLC convierta los valores entregados por el transmisor de presión a bares se utilizaron los comandos nombrados anteriormente.

#### 2.4.5.2.6 Segmento 6: Caudalímetro mA -> l/m

Para realizar la conversión de la lectura del transmisor de caudal a litros/minutos se realizó la siguiente programación con el programa TIA PORTAL.



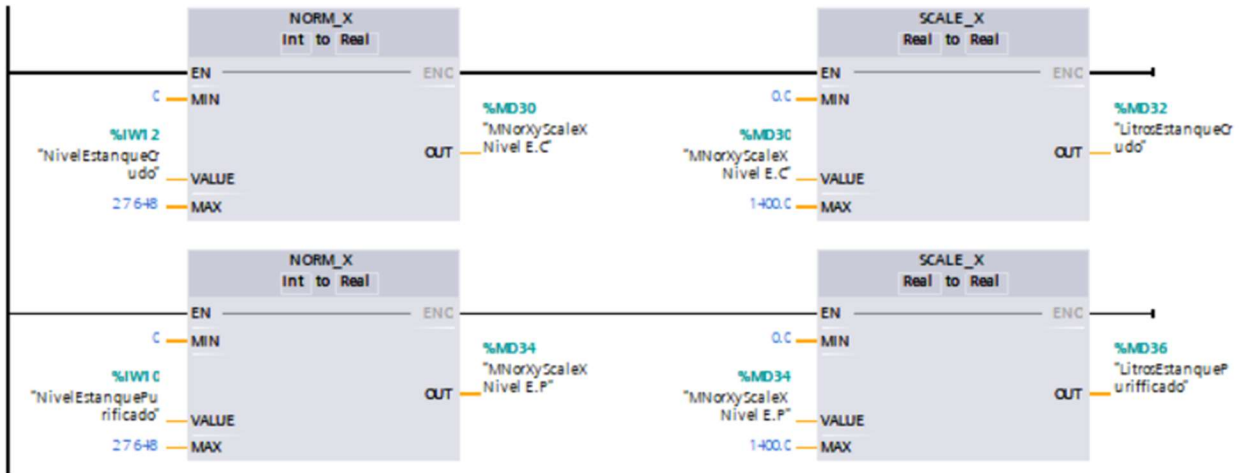
Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-55. Segmento 6 Conversión señal transmisor de caudal.

Al igual que el transmisor de presión, el transmisor de caudal envía señales de 4 – 20 mA el cual se deben convertir en valores de litros/minutos para realizar esta conversión se utilizaron los comandos mostrados.

#### 2.4.5.2.7 Segmento 7: Sensores de Nivel

Para realizar la conversión de la lectura del transmisor nivel a litros se realizó la siguiente programación con el programa TIA PORTAL.



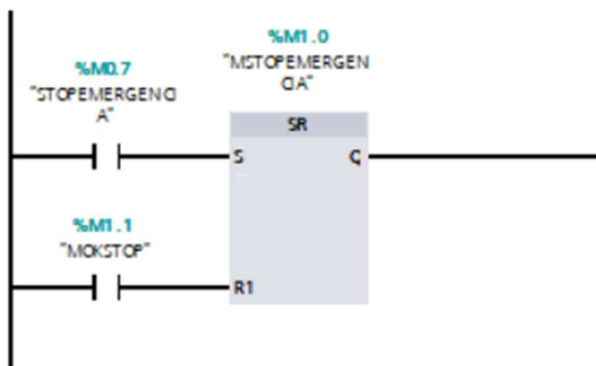
Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-56. Segmento 7 Conversión señal transmisor de nivel.

Al igual que el transmisor de presión, el transmisor de nivel envía señales de 4 – 20 [mA] el cual se deben convertir en valores de litros, la diferencia es que la cantidad de litros es indicada por la capacidad del estanque, en este caso el estanque es de 1410 litros, pero para no llenarlo al máximo se dejaron 10 litros como reserva, para realizar esta conversión se utilizaron los comandos mostrados.

2.4.5.2.8 Segmento 8: Stop de emergencia

Para realizar la activación del sistema de emergencia se realizó la siguiente programación con el programa TIA PORTAL.



Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

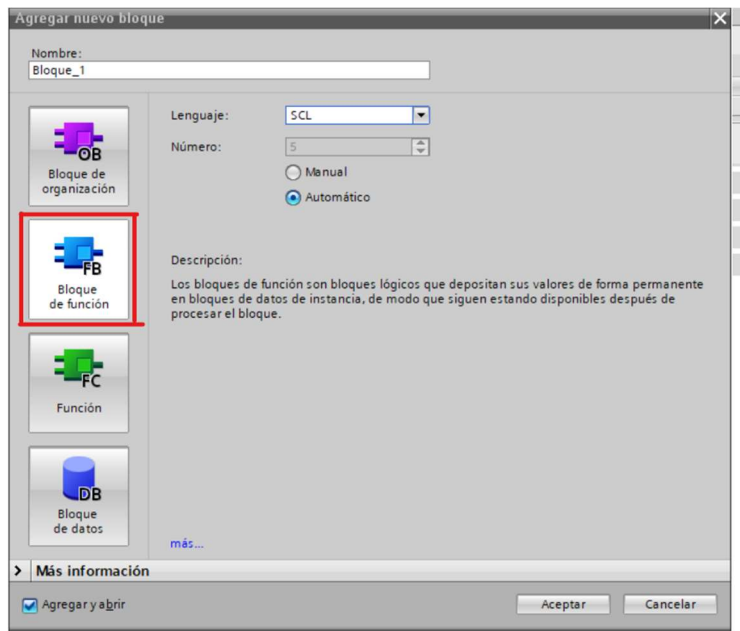
Figura 2-57. Segmento 8 Stop de emergencia.

Para activar el sistema de emergencia en caso de algún accidente o acto inesperado el sistema cuenta con un stop y un OkStop ambos ubicados en la pantalla HMI y en el tablero eléctrico.

2.4.5.2.9 Segmento 9: Contador Uso Filtro y Sal

Para realizar el conteo del uso y próxima mantención del filtro y reposición de la sal se realizó la siguiente programación con el programa TIA PORTAL. Cabe destacar que este cambio se realiza cada 15 días.

Antes de comenzar a programar no existía ninguna función que realizara un conteo a tiempo para así saber cuánto tiempo lleva ejecutando el dispositivo y cuando le toca la próxima mantención o reposición en el caso de la sal, debido a esto es que se creó un bloque para poder trabajarlo y se realizó de la siguiente manera.



Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-58. Creación de contador en tiempo paso 1.

Primero que todo se crea el bloque y se utilizara lenguaje SCL [Lenguaje de programación de alto nivel], para referencia es el utilizado para la programación de Arduino.

|    | Nombre    | Tipo de datos | Valor predet. | Remanencia   | Accesible d...                      | Escrib...                           | Visible en ..                       | Valor de a...            | Supervis... | Comentario |
|----|-----------|---------------|---------------|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------|------------|
| 1  | Input     |               |               |              |                                     |                                     |                                     |                          |             |            |
| 2  | Input     | Bool          | false         | No remane... | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |            |
| 3  | Reset     | Bool          | false         | No remane... | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |            |
| 4  | Pulso     | Bool          | false         | No remane... | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |            |
| 5  | Output    |               |               |              |                                     |                                     |                                     |                          |             |            |
| 6  | Segundos  | Dint          | 0             | No remane... | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |            |
| 7  | Minutos   | Dint          | 0             | No remane... | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |            |
| 8  | Horas     | Dint          | 0             | No remane... | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |            |
| 9  | InOut     |               |               |              |                                     |                                     |                                     |                          |             |            |
| 10 | <Agregar> |               |               |              |                                     |                                     |                                     |                          |             |            |
| 11 | Static    |               |               |              |                                     |                                     |                                     |                          |             |            |
| 12 | <Agregar> |               |               |              |                                     |                                     |                                     |                          |             |            |
| 13 | Temp      |               |               |              |                                     |                                     |                                     |                          |             |            |
| 14 | <Agregar> |               |               |              |                                     |                                     |                                     |                          |             |            |
| 15 | Constant  |               |               |              |                                     |                                     |                                     |                          |             |            |
| 16 | <Agregar> |               |               |              |                                     |                                     |                                     |                          |             |            |

Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-59. Creación de contador en tiempo paso 2.

Posterior a la creación del bloque, debemos identificar nuestras entradas y salidas, en este caso se utilizará un Input que sería el que detecte cuando el dispositivo está funcionando y comience a contar, un Reset para volver a 0 cuando se realice la mantención y esté listo y un pulso para que realice el conteo de 1 segundo y no cuente diferentes cantidades.

En el caso de las salidas se necesitará una para los segundos, otra para las horas y otras para los días. Una vez identificadas las entradas y salidas se comienza a programar en lenguaje SCL.

```

1 IF #Input THEN
2   IF #Pulso THEN
3     #Segundos := #Segundos + 1;
4     IF #Segundos >= 60 THEN
5       #Segundos := 0;
6       #Minutos := #Minutos + 1;
7       IF #Minutos >= 60 THEN
8         #Minutos := 0;
9         #Horas := #Horas + 1;
10      END_IF;
11    END_IF;
12  END_IF;
13 END_IF;
14 IF #Reset THEN
15   #Segundos := 0;
16   #Minutos := 0;
17   #Horas := 0;
18 END_IF;

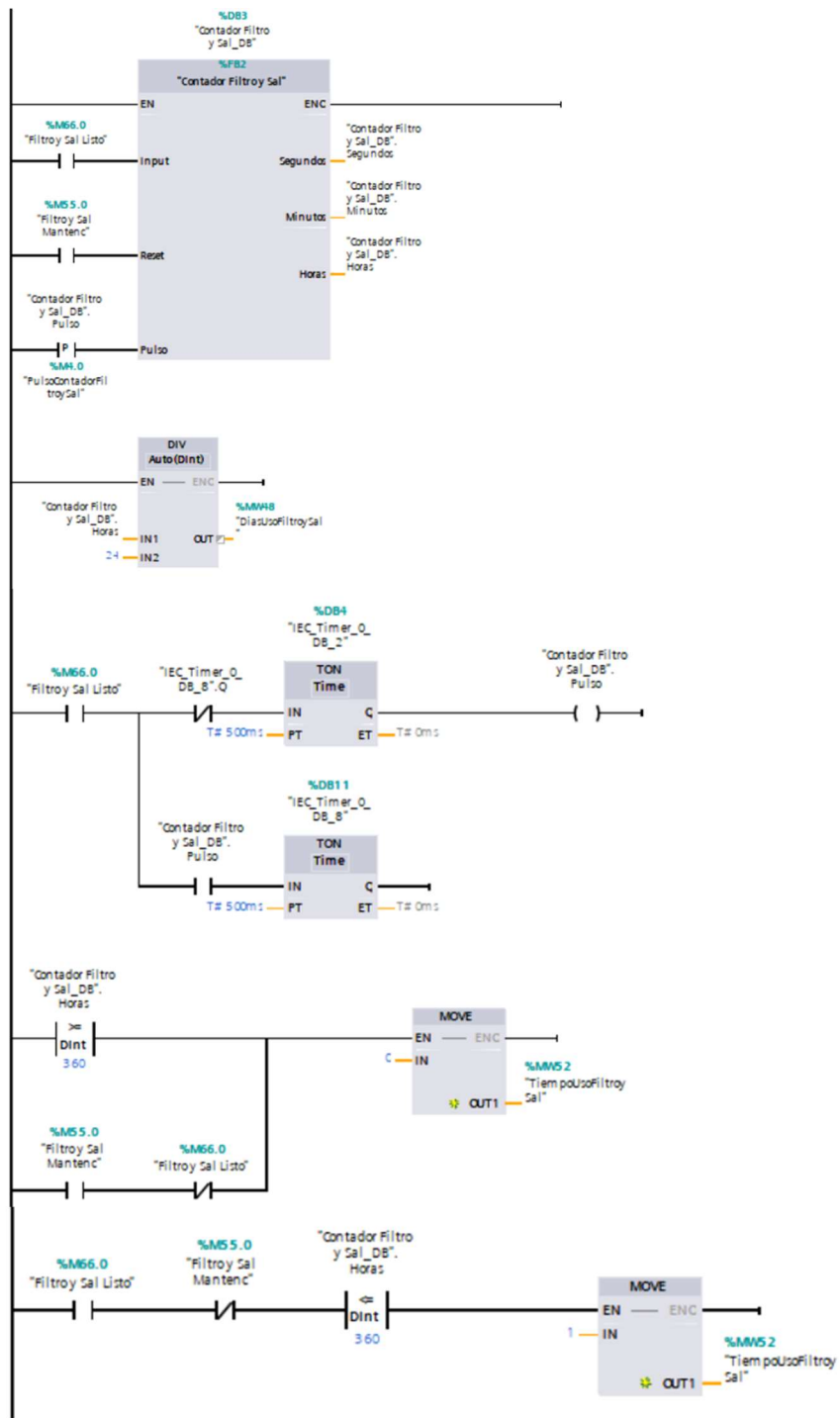
```

Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-60. Creación de contador en tiempo paso 3.

Para poder entender mejor la programación se explicará, cuando se detecte un input y un pulso comenzará a contar de 0 hasta infinito segundos para que no cuente hasta infinito se limitará la cuenta hasta 60 segundos, cuando el valor de #segundos sea mayor o igual a 60 sumará 1 minutos y comenzará nuevamente de 0 segundos y para que no cuente de 0 a infinito minutos se limitará la cuenta hasta 60 minutos, cual el valor de #minutos sea mayor o igual a 60 sumará 1 hora. Cuando se detecte un pulso en Reset el valor de #segundos, #minutos y #horas volverán a 0.

Una vez configurada el bloque se selecciona de la lista de bloques de programa y se inserta en la programación del PLC.



Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-61. Segmento 9 Contador Uso Filtro y Sal.

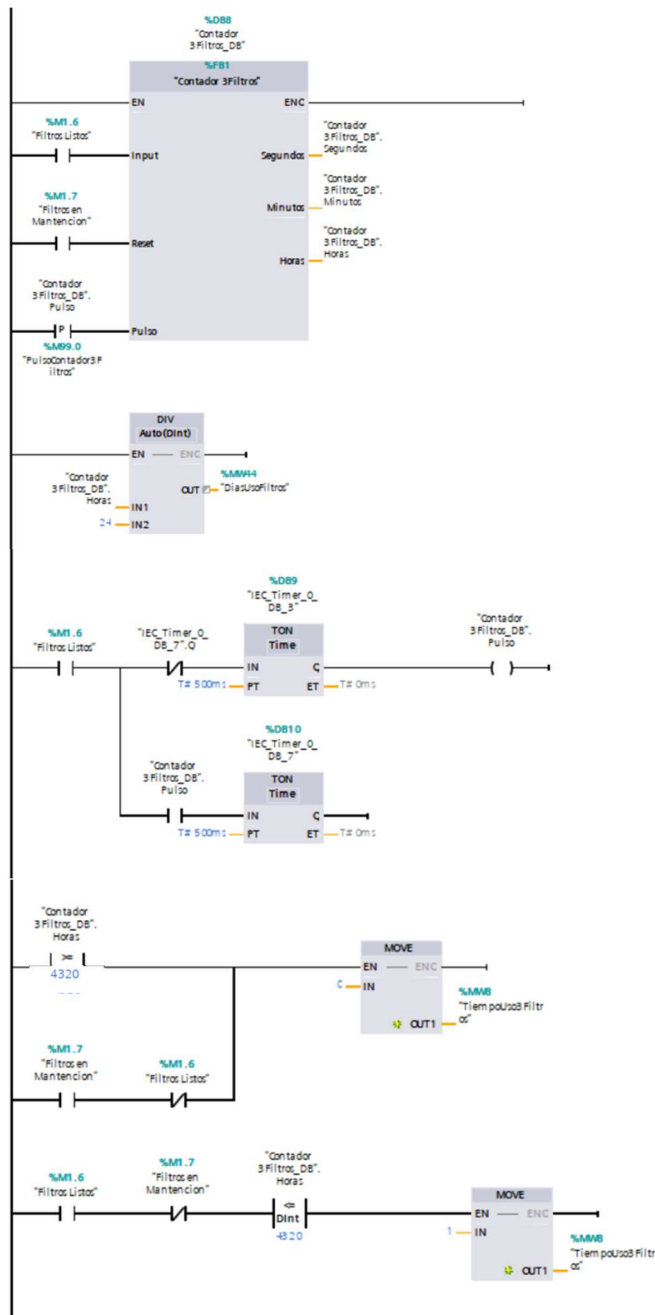
Se observa en la configuración el bloque creado y explicado anteriormente, en la pantalla HMI en la imagen de mantenencias se encuentran los pulsadores de mantención y listo mantención para las 4 áreas. Luego se utilizará un dividir debido a que las horas las cuenta hasta infinito, se podría haber configurado desde el bloque, pero en este caso se realizó un comando para convertir las horas en días.

Se puede observar también dos temporizadores a la conexión para realizar pulsos cuando se encuentre al día la mantención.

Y por último para tener un control visual e indicarlo con luces se creará la variable “TiempoUso...”, esto se repite para las 4 áreas: Uso 3 filtros, Uso filtro y sal, Uso Osmosis, UV y válvulas y por último las pruebas eléctricas a los motores, válvulas, tableros y protecciones eléctricas.

2.4.5.2.10 Segmento 10: Contador Uso 3 Filtros

Para realizar el conteo del uso y próxima mantención de los 3 filtros se realizó la siguiente programación con el programa TIA PORTAL. Cabe destacar que la mantención se realiza cada 6 meses.

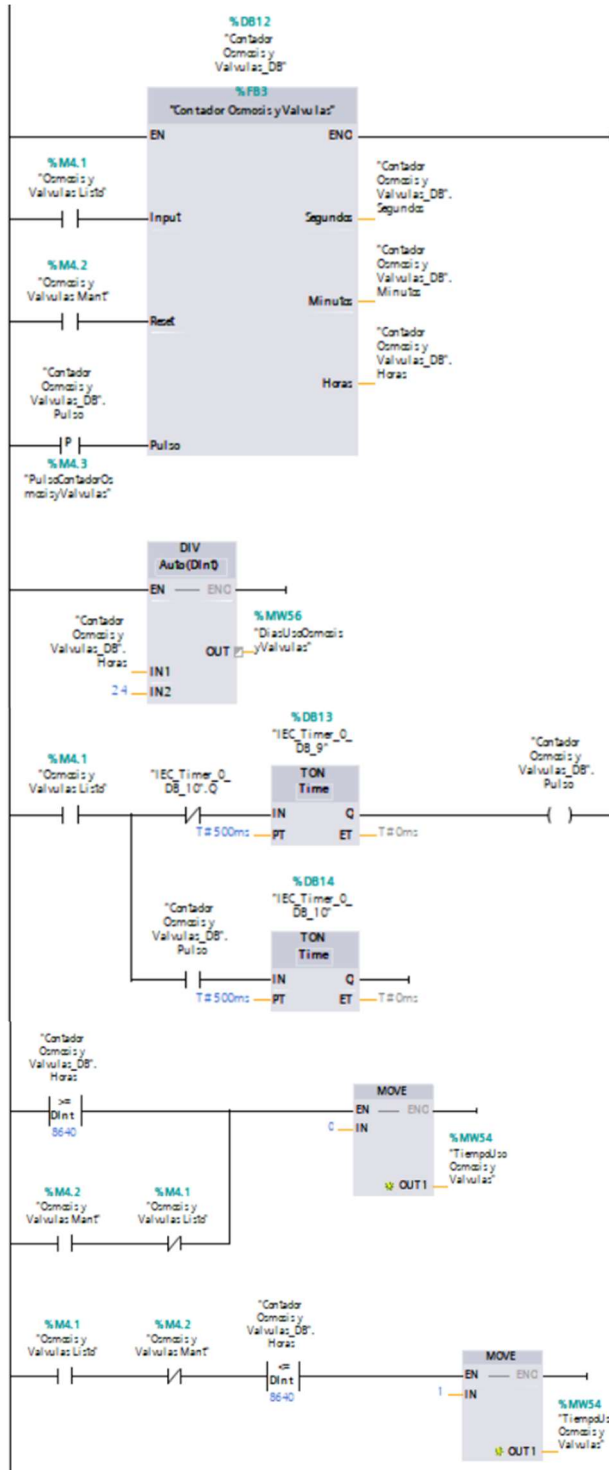


Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-62. Segmento 10 Contador Uso 3 Filtros.

2.4.5.2.11 Segmento 11: Contador Osmosis y Válvulas

Para realizar el conteo del uso y próxima mantención de la osmosis inversa y las válvulas se realizó la siguiente programación con el programa TIA PORTAL. Cabe destacar que la mantención se realiza cada 12 meses.

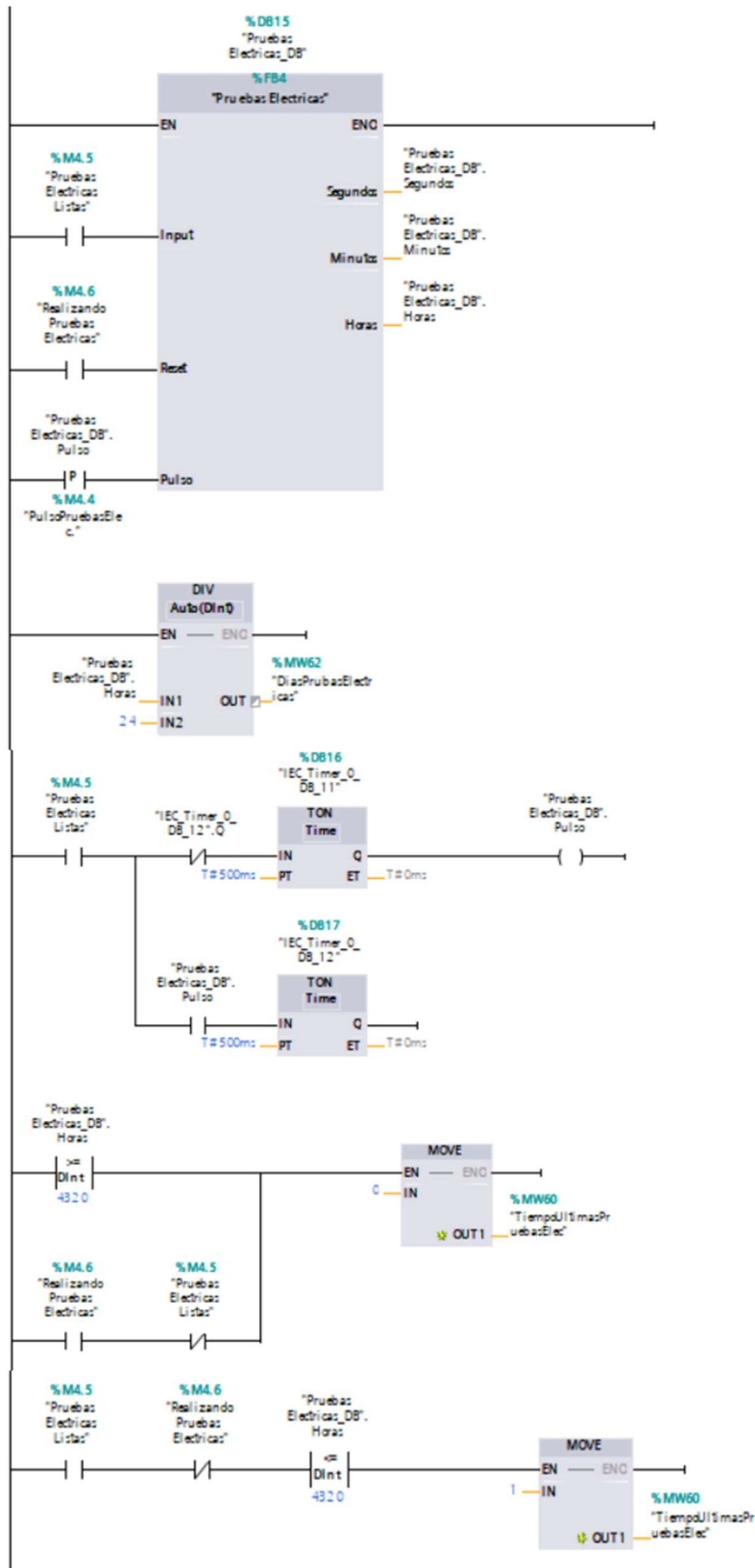


Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-63. Segmento 11 Contador Uso Osmosis y válvulas.

2.4.5.2.12 Segmento 12: Pruebas Eléctricas

Para realizar el conteo del uso y próximas las próximas pruebas eléctricas se realizó la siguiente programación con el programa TIA PORTAL. Cabe destacar que la mantención se realiza cada 6 meses.



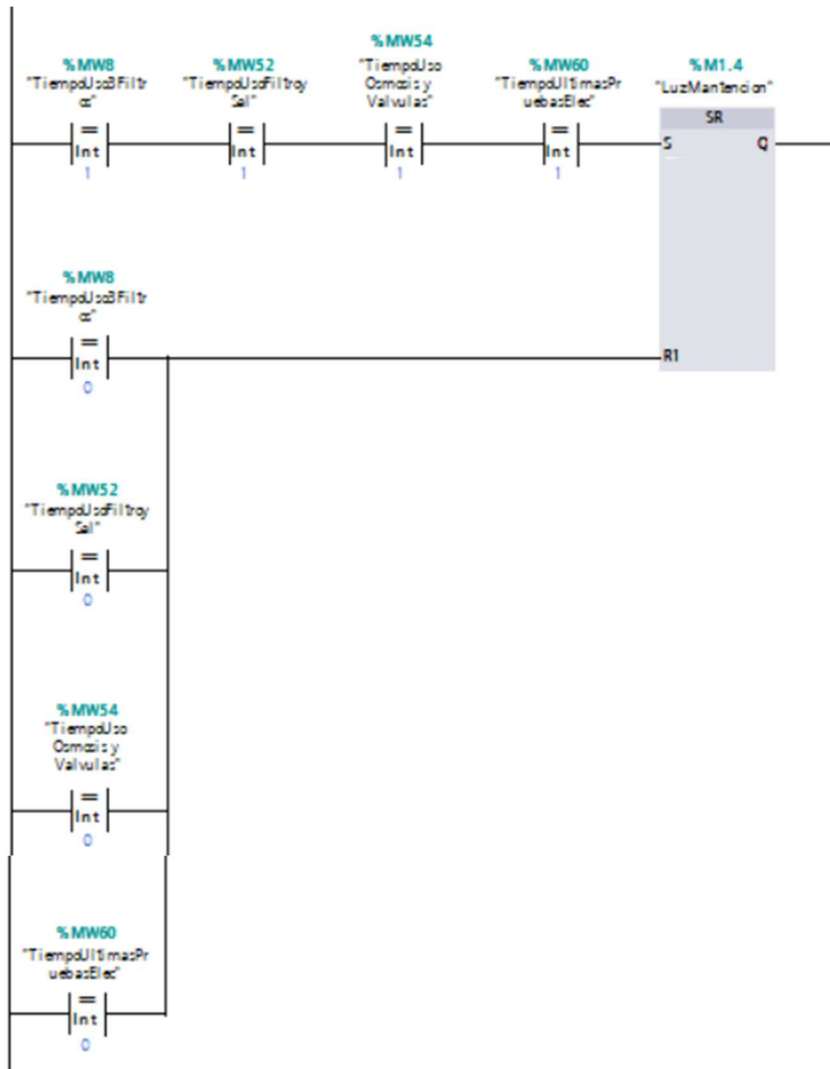
Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-64. Segmento 12 Contador Uso Osmosis y válvulas.

El funcionamiento de los contadores de uso y/o indicador de futuras mantenciones el mismo para los 4, como se explicó su funcionamiento en solamente 1 y los otros 3 no, es porque es lo mismo, cambian las variables y memorias.

#### 2.4.5.2.13 Segmento 13: Mantenición

Para realizar para tener un control más visual en la pantalla HMI y utilizarlo como límite para las diferentes funciones se realizó la siguiente programación con el programa TIA PORTAL.



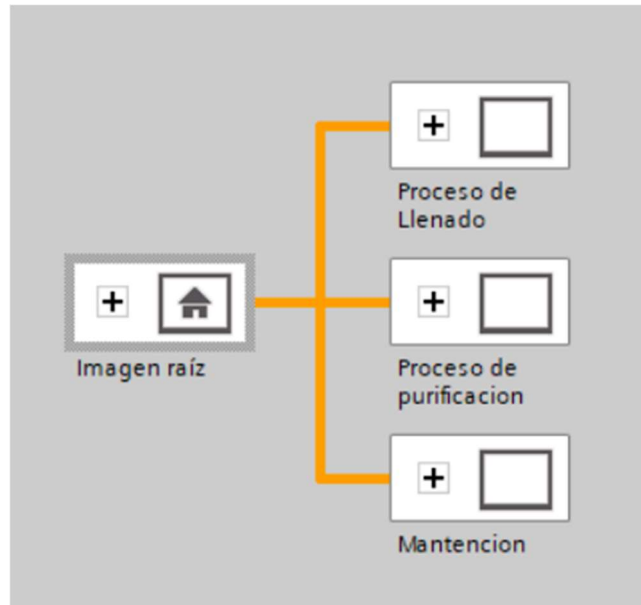
Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-65. Segmento 13 Mantenición.

El segmento mostrado anteriormente, se creó para saber cuándo algunas de las mantenciones ya paso su tiempo e indicar una alerta en cualquier imagen de la pantalla HMI.

### 2.4.5.3 Pantalla HMI

La pantalla HMI contiene 4 imágenes, las cuales está la principal y de la principal se deriva hacia la del proceso de purificado, el proceso de llenado y las mantenciones.



Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-66. Imágenes Pantalla HMI.

#### 2.4.5.3.1 Imagen raíz

A continuación, se puede observar la imagen principal de la pantalla HMI.



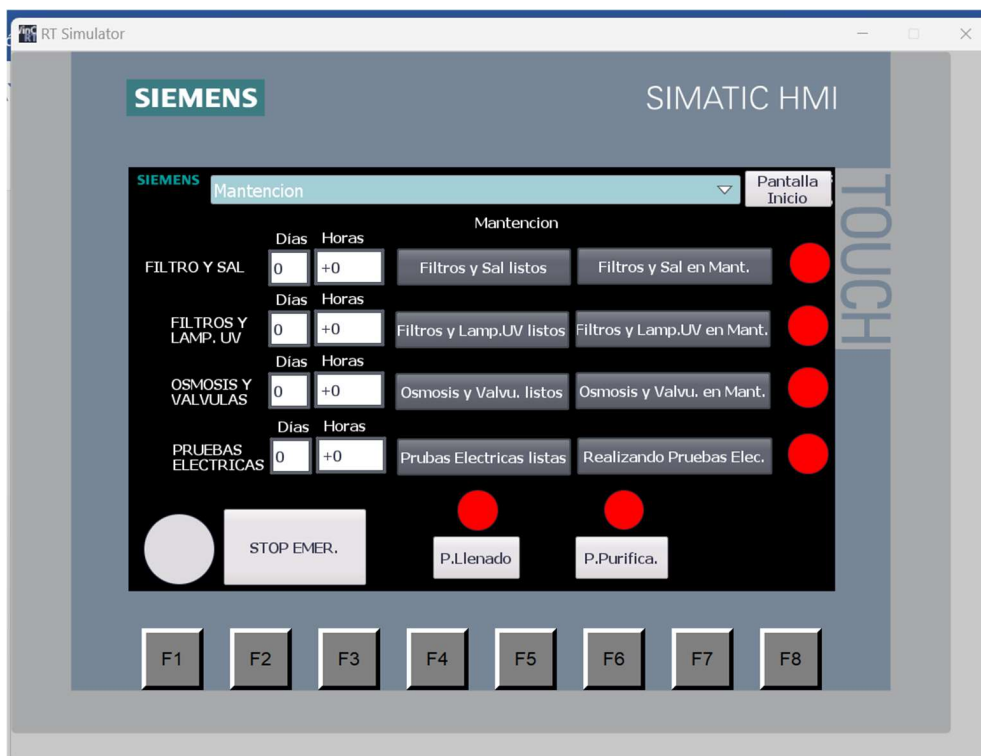
Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-67. Imágenes principal Pantalla HMI.

Existen 5 botones en la pantalla, el primero permite abrir la imagen del proceso de purificación, el segundo el proceso de llenado, el tercero el sistema de mantenciones, el cuarto es un botón para desactivar el Stop de emergencia que solo en la pantalla principal se encuentra, con el fin de que si o si se deben salir de los procesos para volver a continuar y por último un Stop de emergencia que se encuentra en todas las pantallas, y en el tablero eléctrico. Además, se logra observar una luz que es para informar de forma visual que existe una emergencia.

#### 2.4.5.3.2 Imagen mantención

A continuación, poder observar el sistema de mantenciones.

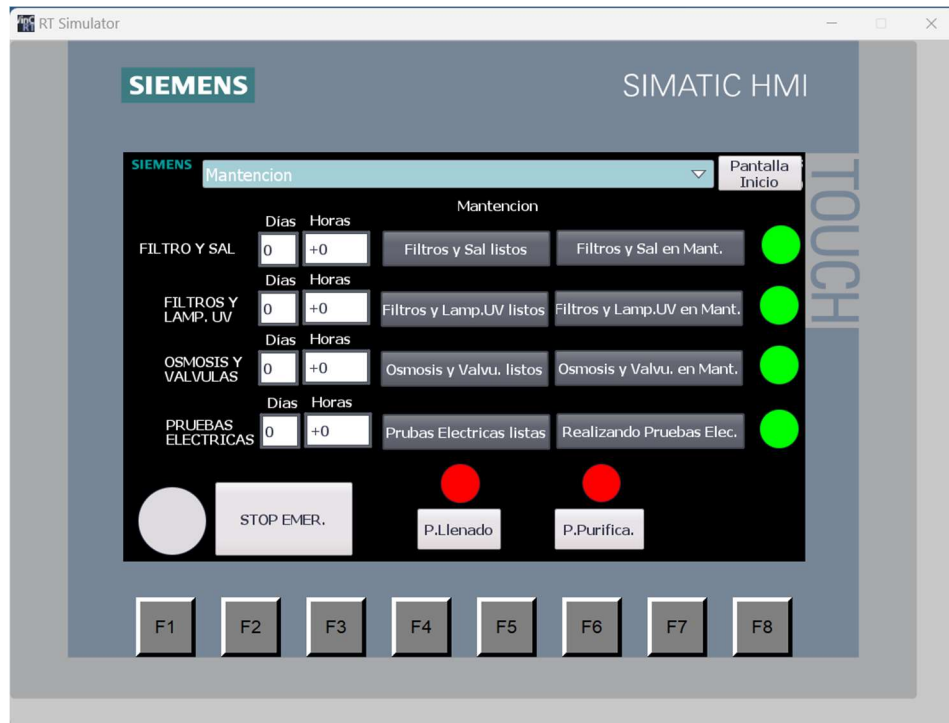


Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-68. Sistema de mantenciones 1, pantalla HMI.

Como se observa la pantalla es como se ve sin ninguna mantención al día todas en rojo, como se puede ver también la luz del proceso de llenado y la del proceso de purificación se encuentran en rojo debido a que no están los estanques con agua y la presión y el caudal en los diferentes procesos es 0.

A continuación, se activarán las mantenciones e iniciará a contar, y se logrará ver que las luces cambiarán de color por mantención.

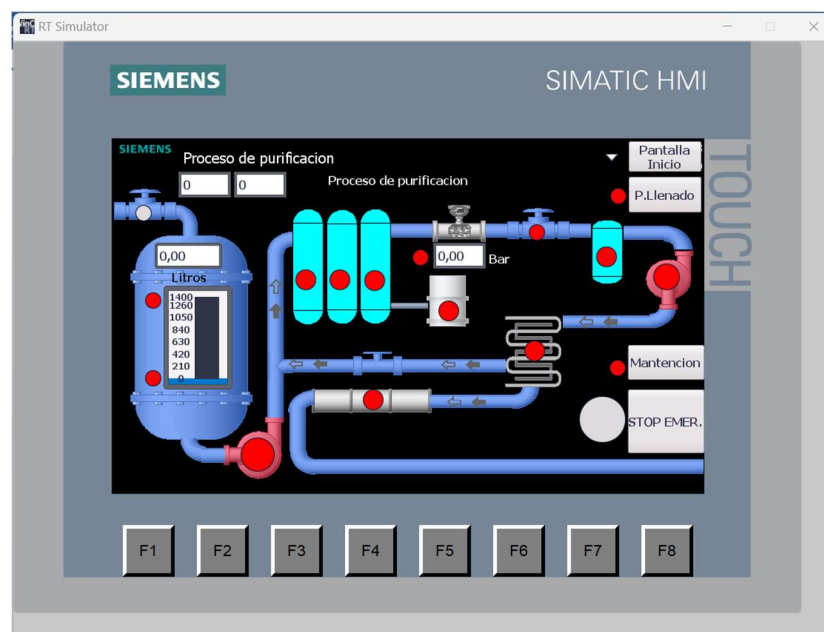


Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-69. Sistema de mantenencias 2, pantalla HMI.

#### 2.4.5.3.3 Imagen proceso de purificación

A continuación, se observa el proceso de purificación en la pantalla HMI.

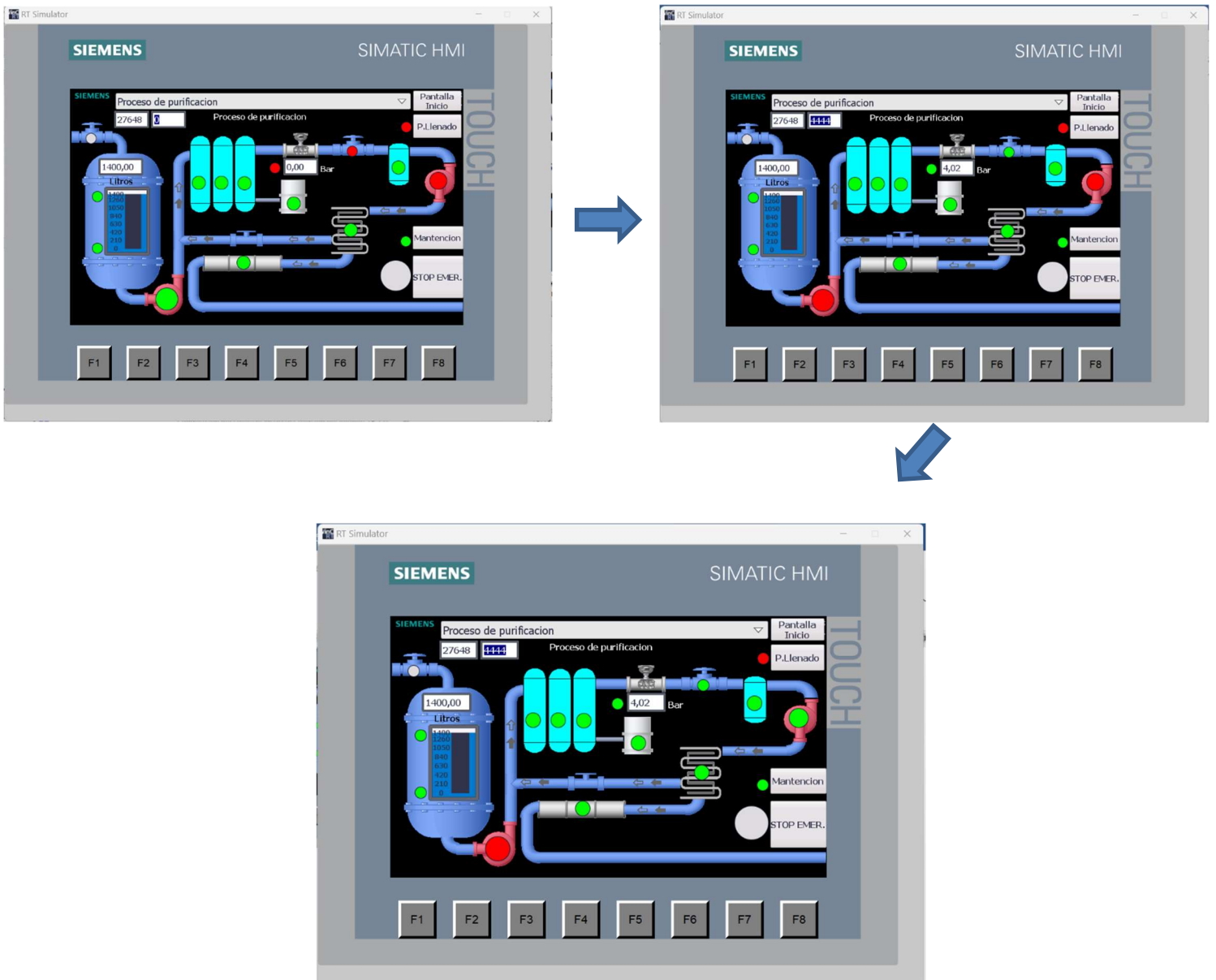


Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-70. Proceso de purificación 1, pantalla HMI.

En la pantalla arriba del estanque se observa 2 campos de E/S [Entradas/Salidas] debido a que es una propuesta y no se encuentra actualmente en la planta para poder simular los valores obtenidos por el transmisor de nivel y de presión se utilizarán esos campos.

Como ya activaron las mantenciones y se llenó el estanque y la presión de trabajo es de 4 bar, la imagen cambio y se ve de la siguiente forma para posteriormente activar la bomba de alta e impulsar liquido al estanque de agua purificada.



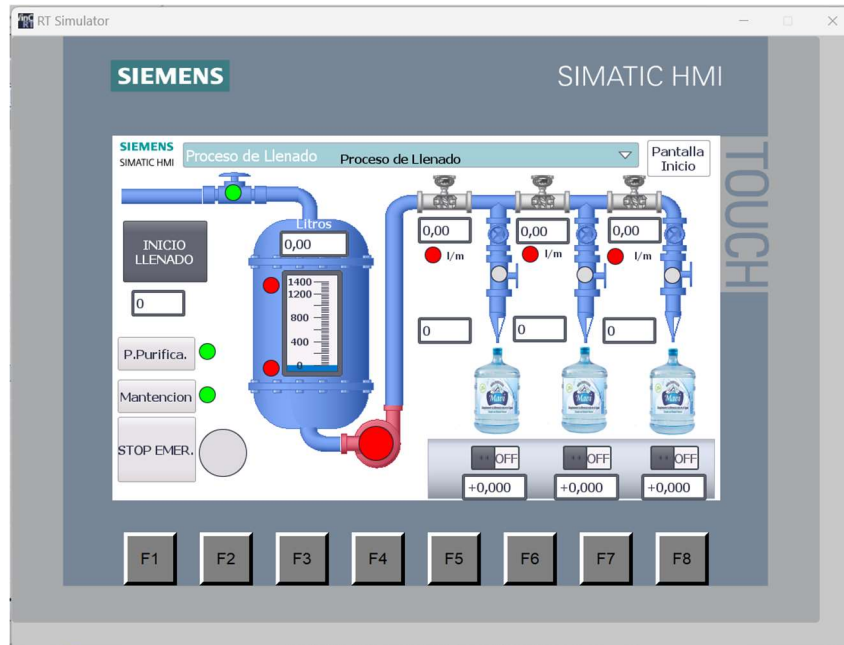
Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-71. Proceso de purificación 2, pantalla HMI.

Se visualiza que en la imagen superior izquierda la presión es de 0 bar por lo cual la bomba de impulsión se activó, luego al llegar a los aproximadamente 4 bar, se apagó la bomba de impulsión, se activó la válvula solenoide y al pasar 5 segundos se activa la bomba de alta presión para llenar el estanque de agua purificada.

#### 2.4.5.3.4 Imagen proceso de llenado

A continuación, se observa el proceso de llenado en la pantalla HMI.



Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

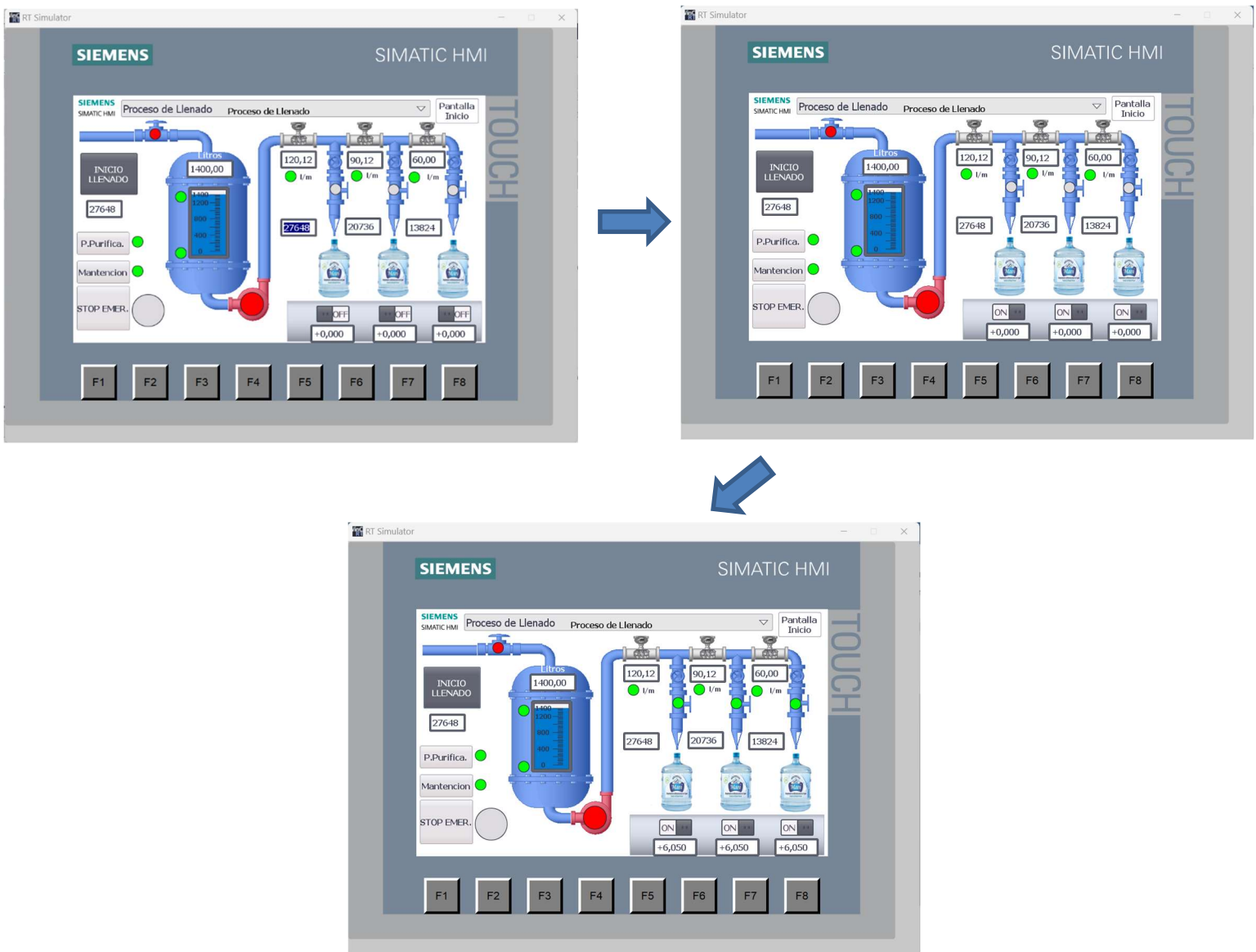
Figura 2-72. Proceso de llenado 1, pantalla HMI.

Al igual que en la imagen del proceso de purificación, tenemos 4 Campos de E/S, uno para simular los valores del transmisor de nivel y los otros tres para simular los valores del transmisor de caudal. Actualmente la válvula se encuentra llenando el estanque por lo cual cuando el estanque se llene se apagará la bomba de alta presión y se cerrará la válvula.

Los valores para que pueda llenarse de los bidones si o si deben estar entre los  $120 \pm 2$  litros/segundos para el primer caudalímetro, entre los  $90 \pm 2$  [l/s] para el segundo caudalímetro y por último entre los  $60 \pm 2$  [l/s] para el tercer caudalímetro.

Una vez que los caudalímetros tengan su caudal dentro de los valores nombrados y los bidones se encuentren en su posición el proceso está listo para darle inicio y comenzar a llenar hasta los 30 segundos de llenado, posterior a eso se termina y queda listo para comenzar a llenar nuevamente.

Si el caudal no se encuentra dentro de los valores seleccionados, acciona la bomba de impulsión ubicada en la salida del bidón con un controlador de presión hasta que el caudal llegue a lo solicitado.



Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 2-73. Proceso de llenado 2, pantalla HMI.

Todas las pantallas tienen un stop de emergencia, cuentan con luces para mostrar el estado de los procesos, solo para simulación en las imágenes cuentan con Campos de E/S y con interruptor para simular el On y Off de los sensores de posición de los bidones, en un futuro si se llega a vender el proyecto y se quiere ejecutar se deben eliminar debido a que los mismos dispositivos replazan los elementos de simulación.

Los costos del proyecto y de ingeniería serán presentados en el siguiente capítulo.

**CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO**

### 3 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

La evaluación económica es un paso fundamental para concluir esta investigación, debido a que ésta dará los cimientos para poder ver si la llevar a cabo el proyecto es factible o no. Hay diversos costos y beneficios que están presentes a la hora de realizar la proyección del proyecto, los cuales se deben analizar y tomar una decisión en cuanto a la realización final de un proyecto. El valor de UF que se utilizó para realizar todos los costos del proyecto fue la del martes 24 de enero de 2023, la cual tenía un valor de \$ 35.250,23.

#### 3.1 COSTO MATERIALES

Para obtener el costo de este proyecto no se realizaron mayores solicitudes de cotizaciones de los dispositivos y materiales a utilizar, debido a que, si bien se realizaron algunas cotizaciones en distinta empresas proveedores, casi la mayoría de los dispositivos y/o materiales no tenían una alta diferencia en el costo de ellos como para justificar la generación de múltiples cotizaciones con la lista de materiales. A continuación, se expone en la [tabla 3-1], la lista de materiales y precios, junto con el valor total de los mismos.

Tabla 3-1. Proveedores por componente y/o material.

| MATERIALES  | Cantidad | Costo unitario (\$ CLP) | Costo unitario (UF) | Costo total (\$ CLP) | Costo total (UF) |
|---|----------|-------------------------|---------------------|----------------------|------------------|
| SOLENOIDE DIERSTE 200V 0.5-15 BAR NPT             | 6        | \$ 135.909              | 3,86                | \$ 815.454           | 23,13            |
| BOMBA CENTRIFUGA 2HP - 220V LEO ACM 150           | 1        | \$ 326.105              | 9,25                | \$ 326.105           | 9,25             |
| CONTACTOR LEXO 12A 1NO                            | 3        | \$ 10.590               | 0,30                | \$ 31.770            | 0,90             |
| RELE TERMICO LEXO 9-12A                           | 3        | \$ 10.890               | 0,31                | \$ 32.670            | 0,93             |
| INT.AUTOMATICO LEXO 1X10A" D"                     | 3        | \$ 5.837                | 0,17                | \$ 17.511            | 0,50             |
| FUENTE DE PODER MEAN WELL RIEL DIN 24VDC 60W 2.5A | 1        | \$ 22.600               | 0,64                | \$ 22.600            | 0,64             |
| SENSOR CAPACITIVO PNP                             | 3        | \$ 31.401               | 0,89                | \$ 94.203            | 2,67             |
| TRANSMISOR DE NIVEL ULTRASÓNICO 0-5M              | 2        | \$ 107.616              | 3,05                | \$ 215.232           | 6,11             |
| CAUDALÍMETRO DE TURBINA SUP-LWGY DN25 - 1"        | 3        | \$ 290.648              | 8,25                | \$ 871.944           | 24,74            |
| TRANSMISOR DE PRESIÓN 0-4 BAR, 4-20 mA            | 1        | \$ 157.608              | 4,47                | \$ 157.608           | 4,47             |
| PLC S7-1200 CPU 1215C DC/DC/RELÉ                  | 1        | \$ 831.097              | 23,58               | \$ 831.097           | 23,58            |
| SIMATIC S7-1200,ENTRADA ANALOG. SM 1231, 8 AI,    | 1        | \$ 470.966              | 13,36               | \$ 470.966           | 13,36            |
| SIMATIC S7-1200, Digital output SM 1222, 8 DO     | 1        | \$ 259.149              | 7,35                | \$ 259.149           | 7,35             |
| PANTALLA HMI BASIC KTP400 7 PULGADAS              | 1        | \$ 627.743              | 17,81               | \$ 627.743           | 17,81            |
| CAJAS DE SERIE FRESH GEO                          | 1        | \$ 761.990              | 21,62               | \$ 761.990           | 21,62            |
| MATERIALES MODIFICACION DE TABLERO ELECTRICO      | 1        | \$ 350.000              | 9,93                | \$ 350.000           | 9,93             |
| MATERIALES RED HUMEDA                             | 1        | \$ 150.000              | 4,26                | \$ 150.000           | 4,26             |
| CABLEADO Y CANALIZACION ELECTRICA PLANTA          | 1        | \$ 450.000              | 12,77               | \$ 450.000           | 12,77            |
| LICENCIA TIA PORTAL                               | 1        | \$ 749.316              | 21,26               | \$ 749.316           | 21,26            |
| TOTAL NETO MATERIALES                             |          |                         |                     | \$ 7.235.358         | 205,26           |
| IVA (19%)   |          |                         |                     | \$ 1.374.718         | 39,00            |
| COSTO TOTAL MATERIALES                            |          |                         |                     | \$ 8.610.076         | 244,26           |

Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

#### 3.2 COSTOS DE DISEÑO

Los costos de diseño son todos aquellos gastos necesarios para realizar la planificación y diseño del proyecto, algunas de ellas son: licencias de software, personal experimentado en la ejecución de proyectos y otros gastos en caso de imprevistos.

A continuación, se expone en la siguiente tabla, los costos asociados a la planificación y diseño.

Tabla 3-2. Costos por diseño del proyecto.

| Tarea a realizar                     | Horas dedicadas | Costo hora-hombre (\$ CLP) | Costo hora-hombre (UF) | Costo total por mano de obra(\$ CLP) | Costo total por mano de obra (UF) |
|--------------------------------------|-----------------|----------------------------|------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Estudio y levantamiento de la planta | 8               | 52875,345                  | 1,50                   | \$ 423.003                           | 12,00                             |
| Selección de soluciones propuestas   | 4               | 52875,345                  | 1,50                   | \$ 211.501                           | 6,00                              |
| Selección de materiales y equipos    | 16              | 52875,345                  | 1,50                   | \$ 846.006                           | 24,00                             |
| Estudio de variabilidad              | 8               | 52875,345                  | 1,50                   | \$ 423.003                           | 12,00                             |
| COSTO TOTAL DISEÑO DEL PROYECTO      |                 |                            |                        | \$ 1.480.510                         | 54,00                             |

Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

### 3.3 COSTOS POR MANO DE OBRA

Para analizar los costos por mano de obra se solicitó una cotización por ejecutar las modificaciones, conexiones y programaciones en la planta a un maestro gasfiter, un maestro eléctrico y un Ingeniero de Ejecución en Control e Instrumentación Industrial, y considerando que está trabajando en territorio chileno y que el tiempo de trabajo del maestro gasfiter es de aproximadamente 2 días, el maestro eléctrico 3 días y del Ingeniero es de aproximadamente 3 días, el gasfiter solicitó en promedio \$200.000, el eléctrico \$500.000 y el Ingeniero solicitó en promedio \$1.800.000. Considerando estas variables, el cálculo del costo por mano de obra queda en \$2.250.000. El valor de UF que se utilizó para realizar todos los costos del proyecto fue la del martes 24 de enero de 2023, la cual tenía un valor de \$ 35.250,23.

Tabla 3-3. Costos por mano de obra del proyecto.

| Profesional        | Horas dedicadas | Costo hora-hombre (\$ CLP) | Costo hora-hombre (UF) | Costo total por mano de obra(\$ CLP) | Costo total por mano de obra (UF) |
|--------------------|-----------------|----------------------------|------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Gasfiter           | 14              | \$ 14.286                  | 0,41                   | \$ 200.000                           | 5,67                              |
| Eléctrico          | 21              | \$ 23.810                  | 0,68                   | \$ 500.000                           | 14,18                             |
| Instrumentista     | 21              | \$ 85.714                  | 2,43                   | \$ 1.800.000                         | 51,06                             |
| TOTAL MANO DE OBRA |                 |                            |                        | \$ 2.500.000                         | 70,92                             |

Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

#### 3.3.1 Carta Gantt

A través de esta herramienta se trata de mostrar en forma sencilla y ordenada las actividades a realizar para la implementación de mejora a la planta. Cabe recalcar que para el uso de la carta Gantt se tiene que definir fecha de inicio y termino del proyecto, así como también los posibles problemas que se puedan presentar.

Tabla 3-4. Carta Gantt del proyecto.

| TAREA  | DIAS |   |   |   |   |   |   |   |
|--|------|---|---|---|---|---|---|---|
|  | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Cotización de materiales y equipos   | █    |   |   |   |   |   |   |   |
| Compra de materiales y equipos   | █    | █ |   |   |   |   |   |   |
| Extensión de red agua purificada   |      |   | █ |   |   |   |   |   |
| Instalación de válvulas para llenado de bidones y estanques  |      |   | █ |   |   |   |   |   |
| Instalación de caudalímetros en módulos de llenado de bidones  |      |   | █ |   |   |   |   |   |
| Instalación de transmisor de presión   |      |   |   | █ |   |   |   |   |
| Cambio de la bomba centrífuga de alta presión y conexión a red purificada y eléctrica                          |      |   |   | █ |   |   |   |   |
| Instalación de canalización sobrepuesta para alimentación de equipos de medición                               |      |   |   | █ |   |   |   |   |
| Instalación de conductores eléctricos para equipos de control  |      |   |   | █ |   |   |   |   |
| Instalación de alimentación eléctrica para tablero de planta   |      |   |   |   | █ |   |   |   |
| Modificación y mejoramiento del tablero eléctrico  |      |   |   |   | █ | █ |   |   |
| Instalación de transmisores de nivel en estanques  |      |   |   |   |   | █ |   |   |
| Montaje y conexión de PLC y sus módulos en tablero   |      |   |   |   |   | █ |   |   |
| Montaje de dispositivos de control ( Pantalla HMI - Sensores )   |      |   |   |   |   | █ |   |   |
| Conexión de dispositivos de control a PLC ( Válvulas - Transmisores - Pantalla HMI - Caudalímetro - Sensores ) |      |   |   |   |   | █ | █ |   |
| Configuración PLC  |      |   |   |   |   |   | █ | █ |
| Pruebas de funcionamiento  |      |   |   |   |   |   |   | █ |
| Capacitación a personal de planta  |      |   |   |   |   |   |   | █ |
| Declaración TE-1 ante la SEC   |      |   |   |   |   |   |   | █ |

Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Como se indica en la anterior Carta Gantt, los dos primeros días se asignarán para la cotización y compra de los equipos, del tercer al cuarto día comenzarán y terminarán los trabajos el personal de gasfitería que son todos aquellos que implican modificaciones y conexiones de la red de agua ya sea cruda o purificada junto a los equipos que necesitan conexión de ella. Luego desde el día cuatro a la par con el gasfiter comenzarán los trabajos el equipo eléctrico con la conexión de la bomba de alta presión a la energía eléctrica e instalarán la bandeja portaconductores tipo livianas y los conductores requeridos por el proyecto para la conexión y alimentación de los equipos de control, durante el día cinco se montará el conductor el cual alimentará el tablero de la planta y se comenzará con los trabajos de modificación y mejoramiento del tablero eléctrico la cual al día seis se concluirá con el apoyo del ingeniero instrumentista para así dejar montado el tablero eléctrico con el PLC y sus módulos, a su vez el ingeniero comenzará con los trabajos de instalación y conexión de los sensores, pantalla HMI, válvulas, transmisores , caudalímetro, entre otros, para así posteriormente realizar a configurar el PLC el cual aproximadamente demorara 2 días laborales, el cual teniendo como termino de los trabajos el día ocho para así comenzar a realizar las pruebas de funcionamiento, la cual de ser positivas da comienzo a realizar las capacitaciones de funcionamiento y cuidados al personal de la planta, concluyendo con el comienzo de la tramitación de la certificación eléctrica de la planta.

**3.4 COSTO TOTAL**

En base a los costos anteriormente informados, tanto de materiales, como las horas hombre invertidas en el desarrollo del proyecto, se adjunta a continuación en la tabla 3-4 los costos totales del proyecto, considerando los costos tanto en CLP como UF.

Tabla 3-5. Costo total del proyecto.

| Costos totales                     | Valor         |
|------------------------------------|---------------|
| Costo total materiales             | \$ 8.610.076  |
| Costo total mano de obra           | \$ 2.500.000  |
| Costo total diseño del proyecto    | \$ 1.480.510  |
| Subtotal                           | \$ 11.110.076 |
| Imprevistos 20%                    | \$ 2.222.015  |
| Costo total del proyecto           | \$ 13.332.091 |
| Costo total del proyecto (UF)      | 378,21        |
| Costo total del proyecto (DOLARES) | USD 16.433    |

Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

### 3.5 INGRESOS Y EGRESOS

Según la información entregada por el dueño de agua purificada MAVI, los ingresos de la planta mensual en ventas son de aproximadamente \$20.900.000 o 593 UF, en cambio los egresos de la planta mensual en gastos son de aproximadamente \$14.900.000 o 249 UF.

Claramente se puede observar que aproximadamente de ganancia mensual quedan \$6.000.000, las cuales son utilizados para las mejoras e inversiones de la planta.

La recarga de bidones de 20 litros es la venta que más ingresos permite, luego la venta de recargas más el dispensador USB, entre otros. En cambio, en el caso de los egresos el gasto de personal a nivel empresa es el que más egresos consume de la empresa.

Los gastos de energía eléctrica y agua potable son incluyendo la casa del dueño, la planta y oficinas, gastos de oficina como teléfono, internet, materiales de oficinas y baños, combustible y mantención de la planta y los vehículos, entre otros.

Cabe destacar que estos valores son estimados, siempre existirá una variación en ventas y gastos que traen como consecuencia, las ganancias mensuales hacia la planta y/o dueño.

Tabla 3-6. Valores de ingreso y egresos mensual.

| VALORES DE INGRESOS Y EGRESOS MENSUAL   |            |               |               |               |              |
|---|------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| DESCRIPCIÓN                             | CANTIDADES | INGRESOS      | INGRESOS (UF) | EGRESOS       | EGRESOS (UF) |
| RECARGA DE BIDON 20 LITROS              | 5000       | \$ 12.500.000 | 354,61        |               |              |
| BIDON DE 20 LITROS + RECARGA            | 400        | \$ 2.000.000  | 56,74         |               |              |
| BIDON DE 20 LITROS + DISPENSADOR MANUAL | 200        | \$ 2.000.000  | 56,74         |               |              |
| BIDON DE 20 LITROS + DISPENSADOR USB    | 400        | \$ 4.400.000  | 124,82        |               |              |
| DISPENSADOR MANUAL                      | 200        |               |               | \$ 398.000    | 11,29        |
| DISPENSADOR USB                         | 400        |               |               | \$ 1.196.000  | 33,93        |
| TAPAS PARA BIDONES                      | 5000       |               |               | \$ 695.435    | 19,73        |
| STICKERS PAR BIDONES                    | 5000       |               |               | \$ 650.000    | 18,44        |
| ENERGIA ELECTRICA                       | 1          |               |               | \$ 350.000    | 9,93         |
| AGUA POTABLE                            | 1          |               |               | \$ 650.000    | 18,44        |
| MANTENCIÓN PLANTA Y VEHICULOS           | 1          |               |               | \$ 1.100.000  | 31,21        |
| PERSONAL PLANTA                         | 5          |               |               | \$ 3.750.000  | 106,38       |
| GASTOS OFICINA                          | 1          |               |               | \$ 1.050.000  | 29,79        |
| COMBUSTIBLE                             | 1          |               |               | \$ 5.000.000  | 141,84       |
| INGRESOS V/S EGRESOS                    |            | \$ 20.900.000 | 592,90        | \$ 14.839.435 | 249,34       |

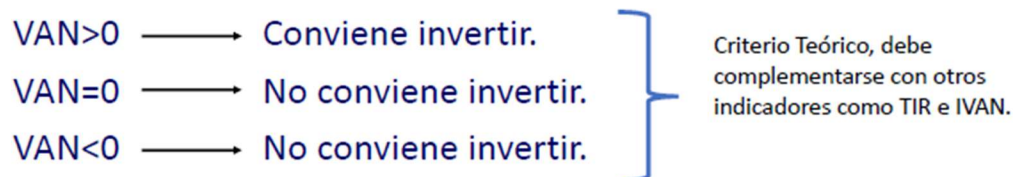
Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

### 3.6 FLUJO DE CAJA

Los flujos de Caja son una forma simple de representar la diferencia entre los ingresos y egresos netos que presenta una actividad económica en un periodo determinado. Lo cual es de gran utilidad para evaluar si dicha actividad es conveniente o factible de realizar.

Antes de presentar el flujo proyectado de la planta, es importante explicar lo siguientes conceptos, para así entender de mejor manera los flujos que se presentarán.

Este indicador es uno de los más utilizados para la evaluación de alternativas económicas, debido a su sencillez y a que conduce a mejores decisiones de inversión que otros criterios. Su sencillez radica en que, para calcularlo, basta con llevar al presente todos los flujos netos usando una tasa de descuento o TMAR [Tasa Mínima Atractiva de Retorno]. El VAN es un indicador de riqueza, o sea, mientras más alto sea mejor es desde el punto de vista económico.



Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Figura 3-1. VAN.

**TIR:** La Tasa Interna de Retorno [TIR] es la tasa que “entrega” un proyecto suponiendo que todos sus flujos son reinvertidos a esa misma tasa. Visto de otra forma, es la tasa en la que el VAN de un proyecto se hace cero. Las principales desventajas de la TIR son que no permite comparar proyectos por si sola, además de que considera que los flujos se reinvierten al mismo valor de la TIR. Para que un proyecto sea factible la  $TIR > TMAR$ .

**IVAN:** Es la relación entre el Valor Actual Neto de un proyecto y su Inversión, lo cual se representa de la siguiente forma, Un proyecto se descarta si su IVAN es menor que 1.

**Paybak:** Es el periodo a partir del cual la suma de los flujos netos de un proyecto comienzan a ser positivos [mayor o igual a cero], o sea se empieza a tener ganancias netas. Este análisis se puede realizar con flujos actualizados o no actualizados. Una alternativa es más conveniente si tiene un menor Payback.

**TMAR:** Es la rentabilidad mínima que un inversionista espera obtener de una inversión, teniendo en cuenta los riesgos de la inversión y el costo de oportunidad de ejecutarla en lugar de otra inversión

### Pago de hora extras

Como se explicó anteriormente debido a la falta de mejoras en la planta y la cantidad de clientes y ventas, existen días el cual el personal de planta y los repartidores se deberán quedar un poco más tarde realizando los trabajos requeridos, por ese tiempo fuera de su horario laboral es pagado como horas extras. Esto trae consecuencias negativas para el personal y económicamente para la empresa, aproximadamente se está pagando 32 UF mensual en horas extras. Por lo que se estaría pagando aproximadamente 380 UF anuales, y una vez ejecutado el proyecto se proyecta un gasto anual de aproximadamente 240 UF anuales.

Tabla 3-7. Beneficio obtenido con y sin proyecto.

| Beneficio             | (\$ CLP)      | UF  | DÓLAR      |
|-----------------------|---------------|-----|------------|
| Sin proyecto          | \$ 13.500.000 | 383 | USD 16.200 |
| Con proyecto          | \$ 8.437.500  | 239 | USD 10.125 |
| Ahorro Anual generado | \$ 5.062.500  | 144 | USD 6.075  |

Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

En resumen, los ahorros anuales generados se convierten en los ingresos anuales totales para incluir en el flujo de caja del proyecto.

Como ya se explicó brevemente algunos de los conceptos que se utilizarán y el beneficio obtenido con y sin proyecto, a continuación, se presentará el flujo de caja

Para efectos del proyecto de diseño, habrá una proyección con financiamiento puro, y dos financiados con el 25% y 75%.

Cabe destacar el que la tasa de crecimiento en las cantidades de bidones de 20 litros el segundo año se proyectara que aumentara un 6% y desde el tercer año hacia adelante pase de 6% a un 8% por año y para el caso de los sueldos base, se proyectara que la tasa de crecimiento sea de un 10% por año debido a la alta proyección de ventas y al cumplimiento de los objetivos.

#### 3.6.1 Flujo de caja sin financiamiento bancario

Para el caso del financiamiento puro, es el dueño de la empresa el encargado de aportar el monto total de la inversión inicial, la cual corresponden a 993 UF. En la tabla 3-6 se muestra el flujo de caja con financiamiento puro.

Tabla 3-8. Flujo de caja sin financiamiento bancario.

| PLANTA PUR/EMB DE AGUA PURIFICADA EN BIDONDES DE 20 LITROS (MONEDA: UF) |   |        |        |        |        |        |       |
|---|---|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
|   | 0 | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      |       |
| CANTIDAD  |   | 66.250 | 70.225 | 75.843 | 81.910 | 88.463 |       |
| PRECIO UNITARIO (\$)  |   | 3.000  | 3.000  | 3.000  | 3.000  | 3.000  |       |
| + Ingresos x vtas   |   | 5.636  | 5.974  | 6.452  | 6.968  | 7.526  |       |
| + Beneficio   |   | 144    | 144    | 144    | 144    | 144    |       |
| - Costos directos o fijos.  |   | -408   | -429   | -450   | -473   | -496   |       |
| - sueldo base   |   | -1.276 | -1.404 | -1.544 | -1.698 | -1.868 |       |
| Total costos fijos  |   | -1.684 | -1.832 | -1.994 | -2.171 | -2.365 |       |
| = Utilidad bruta  |   | 4.095  | 4.285  | 4.602  | 4.941  | 5.305  |       |
| Costos variables de producción  |   | -2.752 | -2.917 | -3.151 | -3.403 | -3.675 |       |
| Publicidad  |   | -51    | -51    | -51    | -51    | -51    |       |
| Comisión x venta  |   | -85    | -85    | -85    | -85    | -85    |       |
| - Total Costos operación  |   | -2.888 | -3.053 | -3.287 | -3.539 | -3.811 |       |
| = Utilidad operacional  |   | 1.207  | 1.232  | 1.315  | 1.402  | 1.494  |       |
| - Intereses LP  |   |        |        |        |        |        |       |
| - Intereses CP  |   |        |        |        |        |        |       |
| - Depreciaciones  |   |        |        |        |        |        |       |
| +/- Dif x vta de activos a VL   |   |        |        |        |        |        |       |
| - Pérdidas ejercicio anterior   |   |        |        |        |        |        |       |
| = Utilidad Antes de Impto   |   | 1.207  | 1.232  | 1.315  | 1.402  | 1.494  |       |
| - impto % 25% PYME  |   | -302   | -308   | -329   | -351   | -373   |       |
| = Utilidad Desp Impto   |   | 905    | 924    | 986    | 1.052  | 1.120  |       |
| + Pérdidas ejercicio anterior   |   |        |        |        |        |        |       |
| + Depreciaciones  |   |        |        |        |        |        |       |
| - Amortización LP   |   |        |        |        |        |        |       |
| - Amortización CP   |   |        |        |        |        |        |       |
| - Capital de trabajo  |   |        |        |        |        |        |       |
| + Devolución del capital de trabajo.                                    |   |        |        |        |        | 0      |       |
| - Inversiones (Planta)  |   | -993   |        |        |        |        |       |
| + Vta activos a VL  |   |        |        |        |        |        |       |
| = Total Anual   |   | -993   | 905    | 924    | 986    | 1.052  | 1.120 |
| + Préstamo LP   |   |        |        |        |        |        |       |
| + Préstamo CP   |   |        |        |        |        |        |       |
| = Flujo Neto de Caja  |   | -993   | 905    | 924    | 986    | 1.052  | 1.120 |
| Flujo de caja corregido   |   | -993   | 803    | 726    | 687    | 649    | 613   |
| Flujo de caja corregido y acumulado                                     |   | -993   | -190   | 536    | 1.223  | 1.873  | 2.486 |

Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Tabla 3-9. Datos de flujo de caja sin financiamiento.

|         |       |
|---------|-------|
| TMAR    | 13%   |
| VAN     | 2.486 |
| TIR     | 91%   |
| PAYBACK | Año 2 |
| IVAN    | 2,51  |

Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Como se observa, el valor de la TMAR es de un 13% que es la actual tasa de variación anual, el VAN es 2.486 UF por lo cual es conveniente invertir, la TIR es de un 91% el cual al ser mayor que la TMAR se puede deducir que el van saldría un VAN positivo, el PAYBACK indica desde que año se recupera lo invertido, el IVAN da un valor positivo mayor a 0 y la TIR permite que el proyecto sea exigido hasta un 91% para que deje de generar ganancias.

### 3.6.2 Flujo de caja con financiamiento bancario

El banco el cual el cliente es dueño y siempre le ofrece buenas ofertas es el banco Scotiabank, el cual se solicitará un préstamo del 25% y 75% del monto total. Esto trae como

consecuencias que se deben realizar cálculos de amortizaciones y determinar el valor de la cuota a pagar, ingresando estos cálculos a los respectivos flujos de caja.

### 3.6.2.1 Flujo de caja con financiamiento bancario del 25%

Se solicitó el financiamiento de 248 UF, que correspondería a un 25% del capital más la suma de la inversión de la planta. A continuación, en la siguiente tabla se mostrará los valores entregados por el banco.

Tabla 3-10. Datos de flujo de caja con 25% de financiamiento.

| Calculo financiamiento 25% (\$ CLP) - (UF) |              |        | INVERSION INICIAL 993 |     |         |              |       |
|--|--------------|--------|-----------------------|-----|---------|--------------|-------|
| Capital de trabajo                         | \$21.000.000 | 596    | CREDITO 248           |     |         |              |       |
| Inversiones (Planta)                       | \$14.000.000 | 397    | MONTO 25,08%          |     |         |              |       |
| Total Anual                                | \$35.000.000 | 993    | PERIODOS              | 248 | INTERES | AMORTIZACION | CUOTA |
| Porcentaje de financiamiento 25%           | \$ 8.750.000 | 248    | 1                     | 218 | 62      | 30           | 92    |
| Valor Crédito                              | \$ 9.306.189 | 264    | 2                     | 180 | 55      | 38           | 92    |
| Tasa de interés anual                      | 25,08%       | 25,08% | 3                     | 133 | 45      | 47           | 92    |
| Numero de cuotas                           | 5            | 5      | 4                     | 74  | 33      | 59           | 92    |
| Valor cuota                                | \$ 1.861.238 | 53     | 5                     | -   | 19      | 74           | 92    |

Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Con los valores ya definidos, se ingresan las amortizaciones e intereses al flujo de caja para verificar los nuevos indicadores.

Tabla 3-11. Flujo de caja con 25% de financiamiento.

| PLANTA PUR/EMB DE AGUA PURIFICADA EN BIDONDES DE 20 LITROS (MONEDA: UF) |   |        |        |        |        |        |       |
|---|---|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
|   | 0 | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      |       |
| CANTIDAD  |   | 66.250 | 70.225 | 75.843 | 81.910 | 88.463 |       |
| PRECIO UNITARIO (\$)  |   | 3.000  | 3.000  | 3.000  | 3.000  | 3.000  |       |
| + Ingresos x vtas   |   | 5.636  | 5.974  | 6.452  | 6.968  | 7.526  |       |
| + Beneficio   |   | 144    | 144    | 144    | 144    | 144    |       |
| - Costos directos o fijos.  |   | -408   | -429   | -450   | -473   | -496   |       |
| - sueldo base   |   | -1.276 | -1.404 | -1.544 | -1.698 | -1.868 |       |
| Total costos fijos  |   | -1.684 | -1.832 | -1.994 | -2.171 | -2.365 |       |
| = Utilidad bruta  |   | 4.095  | 4.285  | 4.602  | 4.941  | 5.305  |       |
| Costos variables de producción  |   | -2.752 | -2.917 | -3.151 | -3.403 | -3.675 |       |
| Publicidad  |   | -51    | -51    | -51    | -51    | -51    |       |
| Comisión x venta  |   | -85    | -85    | -85    | -85    | -85    |       |
| - Total Costos operación  |   | -2.888 | -3.053 | -3.287 | -3.539 | -3.811 |       |
| = Utilidad operacional  |   | 1.207  | 1.232  | 1.315  | 1.402  | 1.494  |       |
| - Intereses LP  |   | -62    | -55    | -45    | -33    | -19    |       |
| - Intereses CP  |   |        |        |        |        |        |       |
| - Depreciaciones  |   |        |        |        |        |        |       |
| +/- Dif x vta de activos a VL   |   |        |        |        |        |        |       |
| - Pérdidas ejercicio anterior   |   |        |        |        |        |        |       |
| = Utilidad Antes de Impto   |   | 1.145  | 1.177  | 1.270  | 1.369  | 1.475  |       |
| - impto % 25% PYME  |   | -286   | -294   | -317   | -342   | -369   |       |
| = Utilidad Desp Impto   |   | 859    | 883    | 952    | 1.026  | 1.106  |       |
| + Pérdidas ejercicio anterior   |   |        |        |        |        |        |       |
| + Depreciaciones  |   |        |        |        |        |        |       |
| - Amortización LP   |   | -30    | -38    | -47    | -59    | -74    |       |
| - Amortización CP   |   |        |        |        |        |        |       |
| - Capital de trabajo  |   |        |        |        |        |        |       |
| + Devolución del capital de trabajo.                                    |   |        |        |        |        | 0      |       |
| - Inversiones (Planta)  |   | -993   |        |        |        |        |       |
| + Vta activos a VL  |   |        |        |        |        |        |       |
| = Total Anual   |   | -993   | 828    | 845    | 905    | 967    | 1.033 |
| + Préstamo LP   |   | 264    |        |        |        |        |       |
| + Préstamo CP   |   |        |        |        |        |        |       |
| = Flujo Neto de Caja  |   | -729   | 828    | 845    | 905    | 967    | 1.033 |
| Flujo de caja corregido   |   | -729   | 734    | 664    | 631    | 598    | 565   |
| Flujo de caja corregido y acumulado                                     |   | -729   | 6      | 670    | 1.301  | 1.898  | 2.464 |

Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Tabla 3-12. Datos de flujo de caja con 25% de financiamiento.

|         |              |
|---------|--------------|
| TMAR    | <b>13%</b>   |
| VAN     | <b>2.464</b> |
| TIR     | <b>115%</b>  |
| PAYBACK | <b>Año 1</b> |
| IVAN    | <b>3,38</b>  |

Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Al observar el valor de la TMAR, es de un 13% que es la actual tasa de variación anual, el VAN es de 2.464 es conveniente invertir, la TIR es de un 115% el cual al ser mayor que la TMAR se puede deducir que el VAN saldría un VAN positivo, el PAYBACK indica desde que año se recupera lo invertido, el IVAN da un valor positivo mayor a 0 y la TIR permite que el proyecto sea exigido hasta un 115% para que deje de generar ganancias.

### 3.6.2.2 Flujo de caja con financiamiento bancario del 75%

Tabla 3-13. Datos de flujo de caja con 75% de financiamiento.

| Calculo financiamiento 75% (\$ CLP) - (UF) |                     |               | INVERSION INICIAL 993 |     |         |              |       |
|--|---------------------|---------------|-----------------------|-----|---------|--------------|-------|
| Capital de trabajo                         | <b>\$21.000.000</b> | <b>596</b>    | CREDITO 744           |     |         |              |       |
| Inversiones (Planta)                       | <b>\$14.000.000</b> | <b>397</b>    | MONTO 25,08%          |     |         |              |       |
| Total Anual                                | <b>\$35.000.000</b> | <b>993</b>    | PERIODOS              | 744 | INTERES | AMORTIZACION | CUOTA |
| Porcentaje de financiamiento               | <b>75%</b>          | <b>75%</b>    | 1                     | 654 | 187     | 91           | 277   |
| Valor Crédito                              | <b>\$26.250.000</b> | <b>744</b>    | 2                     | 541 | 164     | 113          | 277   |
| Tasa de interés anual                      | <b>25,08%</b>       | <b>25,08%</b> | 3                     | 399 | 136     | 142          | 277   |
| Numero de cuotas                           | <b>5</b>            | <b>5</b>      | 4                     | 222 | 100     | 177          | 277   |
| Valor cuota                                | <b>\$ 5.583.713</b> | <b>158</b>    | 5                     | 0   | 56      | 222          | 277   |

Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Con los valores ya definidos, se ingresan las amortizaciones e intereses al flujo de caja para verificar los nuevos indicadores

Tabla 3-14. Flujo de caja con 75% de financiamiento.

| PLANTA PUR/EMB DE AGUA PURIFICADA EN BIDONES DE 20 LITROS (MONEDA: UF) |   |        |        |        |        |        |
|--|---|--------|--------|--------|--------|--------|
|  | 0 | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      |
| CANTIDAD   |   | 66.250 | 70.225 | 75.843 | 81.910 | 88.463 |
| PRECIO UNITARIO (\$)   |   | 3.000  | 3.000  | 3.000  | 3.000  | 3.000  |
| + Ingresos x vtas  |   | 5.636  | 5.974  | 6.452  | 6.968  | 7.526  |
| + Beneficio  |   | 144    | 144    | 144    | 144    | 144    |
| - Costos directos o fijos.   |   | -408   | -429   | -450   | -473   | -496   |
| - sueldo base  |   | -1.276 | -1.404 | -1.544 | -1.698 | -1.868 |
| Total costos fijos   |   | -1.684 | -1.832 | -1.994 | -2.171 | -2.365 |
| = Utilidad bruta   |   | 3.952  | 4.142  | 4.458  | 4.797  | 5.161  |
| Costos variables de producción   |   | -2.752 | -2.917 | -3.151 | -3.403 | -3.675 |
| Publicidad   |   | -51    | -51    | -51    | -51    | -51    |
| Comisión x venta   |   | -85    | -85    | -85    | -85    | -85    |
| - Total Costos operación   |   | -2.888 | -3.053 | -3.287 | -3.539 | -3.811 |
| = Utilidad operacional   |   | 1.063  | 1.088  | 1.171  | 1.258  | 1.350  |
| - Intereses LP   |   | -187   | -164   | -136   | -100   | -56    |
| - Intereses CP   |   |        |        |        |        |        |
| - Depreciaciones   |   |        |        |        |        |        |
| +/- Dif x vta de activos a VL  |   |        |        |        |        |        |
| - Pérdidas ejercicio anterior  |   |        |        |        |        |        |
| = Utilidad Antes de Impto  |   | 877    | 924    | 1.036  | 1.158  | 1.295  |
| - impto % 25% PYME   |   | -219   | -231   | -259   | -290   | -324   |
| = Utilidad Desp Impto  |   | 658    | 693    | 777    | 869    | 971    |
| + Pérdidas ejercicio anterior  |   |        |        |        |        |        |
| + Depreciaciones   |   |        |        |        |        |        |
| - Amortización LP  |   | -91    | -113   | -142   | -177   | -222   |
| - Amortización CP  |   |        |        |        |        |        |
| - Capital de trabajo   |   |        |        |        |        |        |
| + Devolución del capital de trabajo.                                   |   |        |        |        |        | 0      |
| - Inversiones (Planta)   |   | -993   |        |        |        |        |
| + Vta activos a VL   |   |        |        |        |        |        |
| = Total Anual  |   | -993   | 567    | 580    | 635    | 692    |
| + Préstamo LP  |   | 744    |        |        |        |        |
| + Préstamo CP  |   |        |        |        |        |        |
| = Flujo Neto de Caja   |   | -248   | 567    | 580    | 635    | 692    |
| Flujo de caja corregido  |   | -248   | 503    | 456    | 442    | 427    |
| Flujo de caja corregido y acumulado                                    |   | -248   | 255    | 710    | 1.153  | 1.580  |

Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Tabla 3-15. Datos de flujo de caja con 75% de financiamiento.

|         |              |
|---------|--------------|
| TMAR    | <b>13%</b>   |
| VAN     | <b>1.990</b> |
| TIR     | <b>232%</b>  |
| PAYBACK | <b>Año 1</b> |
| IVAN    | <b>8,02</b>  |

Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Como se puede observar el valor de la TMAR es de un 13% que es la actual tasa de variación anual, el van es de 1.990 es conveniente invertir, la TIR es de un 232% el cual al ser mayor que la TMAR se puede deducir que el van saldría un VAN positivo, el PAYBACK indica desde que año se recupera lo invertido, el IVAN da un valor positivo mayor a 0 y la TIR permite que el proyecto sea exigido hasta un 232% para que deje de generar ganancias.

### 3.6.3 Comparación tipos de financiamientos

A continuación, se realizará una evaluación y comparación de los distintos tipos de financiamiento, para la futura puesta en marcha del proyecto. Se compararán los diferentes indicadores que varían dependiente del crédito de consumo que se solicita.

Tabla 3-16. Comparación de tipos de financiamiento.

| INDICADOR | FINANCIAMIENTO |       |       |
|-----------|----------------|-------|-------|
|           | PURO           | 25%   | 75%   |
| TMAR      | 13%            | 13%   | 13%   |
| VAN       | 2.486          | 2.464 | 1.990 |
| TIR       | 91%            | 115%  | 232%  |
| PAYBACK   | Año 2          | Año 1 | Año 1 |
| IVAN      | 2,51           | 3,38  | 8,02  |

Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Analizando los indicadores obtenidos en los flujos de cajas proyectados, estos presentan ganancias en todos los financiamientos que se analizaron, no obstante, es importante destacar que al ser mayor el porcentaje de financiamiento bancario, mayor es la rentabilidad y el tiempo de recuperación de la inversión. Esto ocurre debido a que los intereses de los préstamos bancarios van disminuyendo la base impositiva del crédito obteniendo así mejores resultados a largo plazo.

### 3.7 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad es una técnica que estudia el impacto que tienen sobre una variable dependiente de un modelo financiero las variaciones en una de las variables independientes que lo conforman. Por ejemplo, aumentar la inversión y el capital inicial conduce a rendimientos decrecientes, un indicador al final del proyecto que está relacionado con la necesidad de más ingresos para proporcionar mayor período de recuperación de pérdidas e inversiones.

Se realizará el análisis de sensibilidad respecto a las ventas en relación con el VAN obtenido con las variaciones.

Para el caso de la sensibilidad en relación con la venta de bidones, estas se evaluaron de manera decreciente, con los siguientes porcentajes desde el -25% hasta el 25%, los cuales están relacionados con las bajas en ventas de servicio con relación al flujo de caja con financiamiento del 75%, que fue elegida como mejor alternativa de inversión.

Tabla 3-17. Resumen valor de producto.

|                   | (\$ CLP) | UF    | DÓLAR   |
|-------------------|----------|-------|---------|
| Valor de producto | \$ 3.000 | 0,085 | USD 3,6 |

Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Tabla 3-18. Variación de cantidades vendidas de los años desde 1 al 5 en [UF].

| %   | 1      | 2      | 3      | 4       | 5       |
|-----|--------|--------|--------|---------|---------|
| -25 | 49.688 | 52.669 | 56.882 | 61.433  | 66.347  |
| -20 | 53.000 | 56.180 | 60.674 | 65.528  | 70.771  |
| -15 | 56.313 | 59.691 | 64.467 | 69.624  | 75.194  |
| -10 | 59.625 | 63.203 | 68.259 | 73.719  | 79.617  |
| -5  | 62.938 | 66.714 | 72.051 | 77.815  | 84.040  |
| 0   | 66.250 | 70.225 | 75.843 | 81.910  | 88.463  |
| 5   | 69.563 | 73.736 | 79.635 | 86.006  | 92.886  |
| 10  | 72.875 | 77.248 | 83.427 | 90.101  | 97.310  |
| 15  | 76.188 | 80.759 | 87.219 | 94.197  | 101.733 |
| 20  | 79.500 | 84.270 | 91.012 | 98.293  | 106.156 |
| 25  | 82.813 | 87.781 | 94.804 | 102.388 | 110.579 |

Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Con la variación de cantidades de bidones vendidos de forma decreciente y creciente se obtiene la siguiente tabla, donde se puede apreciar que si las cantidades de bidones bajan menos de un 20% el VAN se verá reflejado de forma negativa, perdiendo la viabilidad del proyecto.

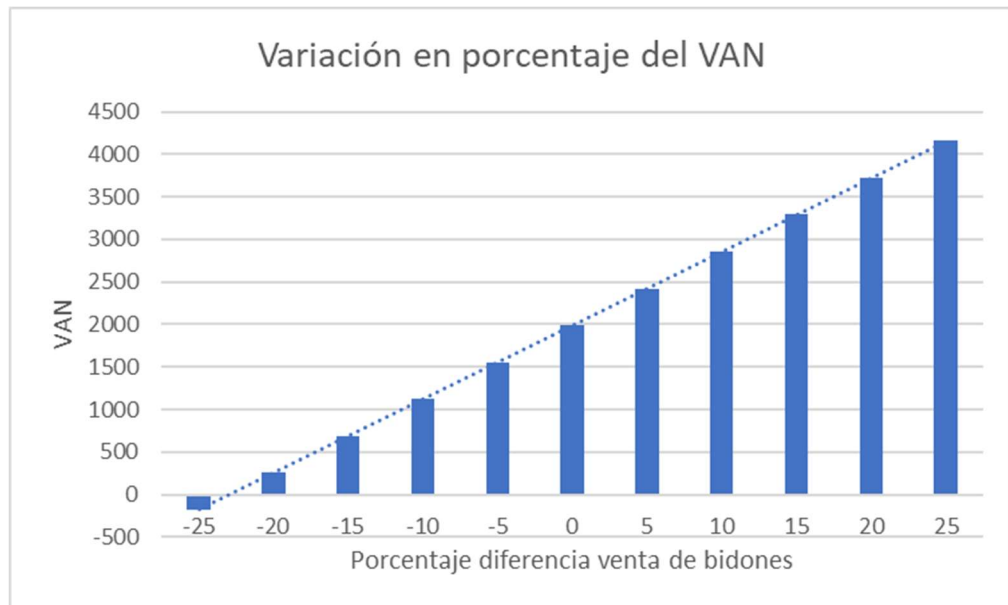
Tabla 3-19. Resultados de variación del VAN.

| %   | Valor en [UF] del VAN | TIR % | Paybak [Año] |
|-----|-----------------------|-------|--------------|
| -25 | -179                  | -23%  | Año 7        |
| -20 | 255                   | 48%   | Año 3        |
| -15 | 689                   | 97%   | Año 2        |
| -10 | 1122                  | 143%  | Año 1        |
| -5  | 1556                  | 188%  | Año 1        |
| 0   | 1.990                 | 232%  | Año 1        |
| 5   | 2.424                 | 276%  | Año 1        |
| 10  | 2858                  | 320%  | Año 1        |
| 15  | 3292                  | 364%  | Año 1        |
| 20  | 3726                  | 408%  | Año 1        |
| 25  | 4160                  | 451%  | Año 1        |

Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

A continuación, se muestra la gráfica representativa de la variación que tendría el VAN con respecto al porcentaje de aumento y descuento de las ventanas de bidones.

Gráfico 3-1. Variación en % del VAN.



Fuente: Elaboración propia en base a requerimiento para proyecto

Del análisis de sensibilidad realizado sobre la disminución de las ventas de bidones, se puede determinar que la variación del VAN con respecto a la variación por venta de bidones de agua purificada de 20 litros se vería afectado cuando estas cantidades disminuyan por sobre el 20%, ya que esto afectaría directamente a la sostenibilidad del proyecto haciéndolo no viable.

## **CONCLUSIONES**

Si bien hay muchos competidores en el mercado del agua embotellada que utilizan cada vez más nuevas tecnologías y métodos para producir y embotellar agua purificada de manera más eficiente, aún quedan oportunidades para ingresar al mercado y tener éxito.

Aprovechar la alta demanda de agua embotellada y purificada significa una oportunidad de ingresar al mercado con un nuevo concepto de producto, cumpliendo con los estándares requeridos por los clientes.

A lo largo del proyecto se logró alcanzar todos los objetivos específicos y generales planteados al inicio. Una de las principales dificultades encontradas fue adaptar la solución propuesta a la planta.

El proyecto es factible en cuanto a ganancias para cualquier tipo de financiamiento debido que actualmente la empresa ya genera ganancias y cuenta con un amplio capital para ejecutar el proyecto presentado anteriormente, pero debido a que la recuperación de la inversión es en menor tiempo que las otras opciones se da paso al financiamiento con préstamos, siendo más específico al financiamiento del 75% , el cual da ganancias al primer año, es por esto que el dueño de la empresa tiene que saber que la factibilidad y la idea de mejorar su planta es un gran beneficio tanto para el como para la empresa y lo que conlleva sus trabajadores.

### 3.8 BIBLIOGRAFÍA

[1] El Mostrador Cultura, Región de Valparaíso presenta agua potable contaminada con pesticidas y ácido cianurico [En línea] < <https://www.elmostrador.cl/cultura/2022/03/22/region-de-valparaiso-presenta-agua-potable-contaminada-con-pesticidas-y-acido-cianurico>> [Consulta: 22 de marzo de 2022]

[2] VigaHome, ¿A qué se debe el característico sabor del agua en Santiago? [En línea] < <https://vigahome.com/blogs/blog-vigahome/a-que-se-debe-el-caracteristico-sabor-del-agua-en-santiago>> [Consulta: 04 de marzo de 2021]

Monografías, Tapa Fluo -Agua [En línea] < <https://www.monografias.com/trabajos105/tapa-fluo-agua/tapa-fluo-agua>> [Consulta: 04 de marzo de 2011]

Psa, El agua y el cloro [En línea] < <https://www.psa.com.ar/psa-es-salud/el-agua-y-el-cloro#.ZCTxHXbMKUk>> [Consulta: 04 de marzo de 2011]

Universal wáter, Filtración del agua [En línea] <<https://www.universalwater.com.mx/2021/06/16/filtracion-de-agua/>> [Consulta: 16 de junio de 2021]

Carbotecnia, Proceso típico de purificación de agua [En línea] < <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/tratamiento-de-agua/proceso-de-purificacion-de-agua/>> [Consulta: 29 de noviembre de 2021]

Industriasgsl, ¿Qué es un plc y cómo funciona? [En línea] < <https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/que-es-un-plc-y-como-funciona>> [Consulta: 1 de junio de 2021]